

COMMITTENTE

COMUNE DI ORZINUOVI

INTERVENTO

Progetto definitivo-esecutivo risanamento e messa in sicurezza vari tratti di strade comunali.

OGGETTO

Capitolato speciale d'appalto -parte II^-.
(specificazione delle prescrizioni tecniche).

DATA

6 Luglio 2022

LUIGI PEZZONI
Architetto

via Obici, 19
25034 Orzinuovi (BS)

tel. 030.994.14.59

fax 030.994.57.77

E-mail: architetto@luigipezzoni.191.it
PEC: luigi.pezzoni@archiworldpec.it

Ordine degli Architetti,
Pianificatori, Paesaggisti e
Conservatori
della provincia di Brescia
n. 1049

PARTE II
Specificazione delle prescrizioni tecniche

**TITOLO II – Definizione tecnica dei lavori non deducibile da altri
elaborati**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO OPERE
STRADALI, OPERE FOGNARIE, OPERE
ELETTRICHE**

1 CONDIZIONI GENERALI

1.1 PREMESSA E DEFINIZIONI

Il Capitolato Speciale d'Appalto è parte integrante del Contratto nel quale sono riportate le norme dirette a regolare il rapporto tra Stazione Appaltante e Impresa.

La Parte Amministrativa contiene la descrizione delle lavorazioni e riporta tutti gli elementi necessari per una compiuta definizione tecnica ed economica dell'oggetto dell'appalto, anche ad integrazione degli aspetti non pienamente deducibili dagli elaborati grafici del progetto esecutivo.

La presente Parte Tecnica contiene la specificazione delle prescrizioni tecniche relative alle lavorazioni previste per l'appalto.

In particolare vengono illustrate in dettaglio le modalità di esecuzione e le norme di misurazione di ogni lavorazione, i requisiti di accettazione dei materiali e componenti, le specifiche di prestazione e le modalità di prove nonché, in relazione alle caratteristiche degli interventi, l'ordine da tenersi nello svolgimento degli specifici interventi.

1.2 NORME E DESCRIZIONI RIGUARDANTI L'ACCETTAZIONE, L'IMPIEGO, LA QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI E FORNITURE

1.2.1 Materiali e forniture in genere

I materiali e forniture dovranno corrispondere alle prescrizioni di legge, di capitolato e degli altri atti contrattuali. Dovranno essere delle migliori qualità e, nelle rispettive loro specie, dovranno risultare di precisa e corretta lavorazione.

In ottemperanza al Regolamento UE 305/2011 dovranno essere utilizzati prodotti muniti di marcatura CE, cioè prodotti da costruzione conformi alle norme armonizzate europee o, in alternativa, nel caso in cui non esistano norme armonizzate specifiche, conformi ad una Valutazione Tecnica Europea (ETA), ovvero in possesso di un certificato tecnico all'Impiego rilasciato dal Servizio tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. L'utilizzo di un materiale o prodotto da costruzione sprovvisto dei requisiti di cui sopra potrà avvenire solo nel caso in cui lo stesso **non abbia funzione strutturale e non sia soggetto ad una specifica norma armonizzata europea**.

I materiali potranno essere posti in opera solamente dopo essere stati riconosciuti idonei e accettati formalmente dalla Direzione dei Lavori.

L'Appaltatore è obbligato a chiedere alla Direzione Lavori, l'approvazione dei materiali da impiegare almeno dieci giorni prima della consegna in cantiere, allegando la relativa documentazione tecnica e di qualità completa. Tale obbligo sussiste anche nel caso di eventuali successive modifiche dei luoghi di provenienza dei materiali.

La Direzione Lavori si riserva di accertare le caratteristiche dei materiali tramite prelevamento di campioni da sottoporre, a spese dell'Appaltatore, alle prove e verifiche di prequalifica presso un Laboratorio Ufficiale, prima di emettere formale approvazione.

L'accettazione dei materiali, che normalmente è definitiva dopo che i materiali sono posti in opera, non può mai pregiudicare il diritto del Direttore dei Lavori di rifiutare in qualsiasi tempo, anche se già posti in opera e fino a collaudo definitivo, i materiali che non corrispondessero ai requisiti ed alle caratteristiche contrattuali.

Potranno essere ammessi materiali speciali, o non previsti, solo dopo esame e parere favorevole del Direttore dei Lavori, il quale ha piena facoltà di rifiutare in qualunque tempo i materiali e le forniture che non abbiano i requisiti prescritti, che abbiano subito deperimenti dopo l'introduzione nel cantiere o che per qualsiasi causa non risultino conformi alle condizioni contrattuali; l'Impresa dovrà provvedere a rimuovere dal cantiere le forniture ed i materiali rifiutati e sostituirli a sue spese con altri idonei.

Qualora l'Impresa non effettui la rimozione nel termine prescritto dal Direttore dei Lavori, vi provvederà direttamente la Direzione dei Lavori con totale spesa a carico dell'Impresa, che resterà responsabile anche per qualsiasi danno derivante dalla rimozione così eseguita.

L'appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Nel caso sia stato autorizzato da parte del Direttore dei Lavori, per ragioni di necessità o convenienza, l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

Tutti i materiali occorrenti per la costruzione delle opere provveranno da cave, fabbriche, stabilimenti, depositi, ecc. scelti ad esclusiva cura e rischio dell'impresa, la quale non potrà accampare alcuna eccezione qualora in corso di coltivazione delle cave o di esercizio delle fabbriche, degli stabilimenti, dei depositi, ecc., i materiali non fossero più corrispondenti ai requisiti prescritti oppure venissero a mancare ed essa fosse obbligata a ricorrere ad altre cave, stabilimenti, depositi, ecc. in località diverse e a diverse distanze o da diverse provenienze; intendendosi che, anche in tali casi, resteranno invariati i prezzi stabiliti in Elenco come pure tutte le prescrizioni che si riferissero alla qualità e dimensione dei singoli materiali.

Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture provveranno da quelle località che l'appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, ne sia riconosciuta l'idoneità e la rispondenza ai requisiti prescritti dagli accordi contrattuali.

Su richiesta del Direttore dei Lavori l'Appaltatore dovrà consegnare copia delle bolle di accompagnamento di tutte le singole forniture presenti in cantiere. Resta d'obbligo la consegna di copia **di bolle di fornitura del calcestruzzo e dell'acciaio per C.A.** in modalità e tempi da concordarsi preliminarmente all'inizio lavori.

1.2.2 Prove di controllo e accertamenti di laboratorio

L'appaltatore è obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire o a far eseguire tutte le prove sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti, sia prefabbricati che realizzati in opera, e sulle forniture in generale. Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme regolamentari ed UNI vigenti, verrà effettuato in contraddittorio con l'impresa, sulla base della redazione di verbale di prelievo. Tutti i campioni prelevati dovranno essere muniti di tagliando identificativo e firma di un rappresentante della Direzione Lavori e dovranno essere conservati con la massima cura dall'Appaltatore.

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie sono disposti dalla Direzione dei Lavori o dall'Organo di Collaudo, imputandolaspesaacaricodellaStazioneAppaltante, **con l'esclusione di tutte le eventuali prove di prequalifica**, da eseguirsi presso un Laboratorio preventivamente autorizzato dalla D.L., **che rimangono a completo carico dell'Impresa.**

Il numero delle prove di controllo riportato nel presente Capitolato potrà subire variazioni in aumento o in diminuzione, ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori e dell'Organo di Collaudo.

Il Direttore dei Lavori o l'Organo di Collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti.

Nel caso in cui le prove richieste dalla D.L. o dall' Organo di Collaudo non diano risultati conformi, l'Impresa dovrà correggere le lavorazioni non conformi e/o dimostrare il raggiungimento dei requisiti richiesti tramite prove effettuate da un laboratorio preventivamente autorizzato dalla D.L. **L'onere di tali prove sarà a carico dell'Impresa.**

Per i campioni prelevati in corso d'opera o a fine lavori, nonché per qualsiasi attività di misurazione, di ispezione o di collaudo, l'Impresa ha l'obbligo di fornire tutta l'assistenza necessaria richiesta dalla Direzione Lavori. L'appaltatore ha anche l'obbligo, se necessario, di eseguire i campioni e di mantenerli in cantiere nelle condizioni ottimali previste dalle norme specifiche, fino al prelevamento da parte del Laboratorio che eseguirà le prove con spesa a carico del Committente. Gli oneri di cui sopra, assistenze varie, esecuzione campioni e loro mantenimento in cantiere in condizioni ottimali, è compreso e compensato nei prezzi unitari e pertanto è ad esclusivo carico dell'Impresa.

Gli addetti al Laboratorio come quelli dell'Ufficio di Direzione dei Lavori, dovranno avere libero accesso e completa possibilità di controllo in tutti i cantieri, ove avviene l'approvvigionamento, la confezione e la posa in opera dei materiali previsti in appalto.

Nel caso di esecuzione di opere che per effetto di operazioni successive risultassero inaccessibili o non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive l'Appaltatore dovrà darne informazione al Direttore dei Lavori, se ciò non avvenisse quest' ultimo può richiedere a spese e cura dell'Appaltatore la messa a nudo delle parti occultate o che vengano rese accessibili le aree non ispezionate.

Il prelievo dei campioni da esaminare potrà essere eseguito in qualsiasi momento e gli addetti alle cave, agli impianti, ai mezzi di approvvigionamento o di posa dovranno agevolare le operazioni di prelievo. Per i campioni asportati dall'opera in corso di esecuzione, l'Impresa è tenuta a provvedere a sua cura e spese, al ripristino della parte manomessa.

Le prove sopradette, se necessario, potranno essere ripetute anche per materiali e forniture della stessa specie e provenienza. L'esito favorevole delle prove, anche se effettuate nel cantiere, non esonera l'impresa da ogni responsabilità nel caso che, nonostante i risultati ottenuti, non si raggiungano nelle opere i prescritti requisiti.

Per i campioni asportati dall'opera in corso di esecuzione, l'Appaltatore è tenuto a provvedere a sua cura e spese al ripristino della parte manomessa con modalità che dovranno essere proposte ed approvate dalla Direzione Lavori.

1.2.3 Norme di riferimento per l'accettazione dei materiali

I materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere devono rispondere alle prescrizioni contrattuali ed in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo, e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi, dai regolamenti e dalle norme tecniche UNI, EN, ISO, ASTM, ecc. vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nel presente capitolato speciale d'appalto.

I riferimenti alle norme tecniche UNI, EN, ISO e ad ogni altra specifica tecnica citata nel presente Capitolato si intendono relativi alla versione attualmente in vigore o, qualora risulti ritirata, alla norma che la sostituisce.

Elenco delle principali normative di settore:

L. 28/2012: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, recante misure

straordinarie e urgenti in materia ambientale”.

D.M. 161/2012 “Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo”.

R.D. n. 2231/1939 “Norme sull'accettazione delle calci”.

D.M. 11.04.2007 “Applicazione della Direttiva n. 89/106/CE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità degli aggregati”

Reg. U.E. 305/2011

UNI EN 206-1 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità.

UNI EN 933-1 Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura.

UNI EN 933-3 Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 3: Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento.

UNI EN 933-8 Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati – Parte 8: Valutazione dei fini – Prova dell'equivalente in sabbia.

UNI EN 933-9 Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene.

UNI EN 933-11 Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 11: Prova di classificazione per i costituenti degli aggregati grossi riciclati.

UNI EN 1008 Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo.

UNI EN 1097-2 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione.

UNI EN 1744-1 Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica.

UNI EN 1926 Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale

UNI EN 1936 Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta

CNR UNI 10009 Prove sui materiali stradali. Indice di portanza CBR di una terra.

UNI EN ISO 10319 Geosintetici - Prova di trazione a banda larga.

UNI EN ISO 11058 Geotessili e prodotti affini - Determinazione delle caratteristiche di permeabilità all'acqua

perpendicolare al piano, senza carico.

UNI 11531-1:2014 Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati

UNI EN 13242 Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade

UNI EN 13249 Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico (escluse ferrovie e l'inclusione in conglomerati bituminosi).

UNI EN 13251 Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nelle costruzioni di terra, nelle fondazioni e nelle strutture di sostegno

UNI EN 13252 Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nei sistemi drenanti.

UNI EN 13285 Miscele non legate – Specifiche

UNI EN 13286-2 Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor.

UNI EN 13286-47:2006 Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento.

UNI EN ISO 14688-2 Indagini e prove geotecniche. Identificazione e classificazione dei terreni. Principi per una classificazione.

UNI EN ISO 17892-1 Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 1: Determinazione del contenuto in acqua

UNI CEN ISO/TS 17892-12 Indagini e prove geotecniche. Prove di laboratorio sui terreni. Determinazione dei limiti di Atterberg.

CNR B.U. n. 22/1972 Peso specifico apparente di una terra in sito

CNR B.U. n. 29/1972 Norme sui misti cementati (UNI EN 14227-1:2013 Miscele legate con leganti idraulici - Specifiche - Parte 1: Miscele granulari legate con cemento per fondi e sottofondi stradali.)

CNR B.U. n. 36/1973. Stabilizzazione delle terre con calce.

CNR B.U. n. 69/1978 Norme sui materiali stradali. Prova di costipamento di una terra.

CNR B.U. n. 146/1992 Determinazione del modulo M_d e M'_d mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare

BS 1377-3 Methods of test for soils for civil engineering purposes. Chemical and electro-chemical tests.

AASHTO T 99 Standard Laboratory Method of Test for the Compaction and Density of soil

AGI - Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio

1.3 NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

1.3.1 Regole generali

Le quantità dei lavori e delle provviste saranno determinate con metodi geometrici, a numeri o a peso, in relazione a quanto previsto nell'elenco prezzi.

I lavori saranno liquidati in base alle misure fissate, anche se dalle misure di controllo rilevate dagli incaricati dovessero risultare spessori, lunghezze, cubature e pesi effettivamente superiori: soltanto nel caso in cui la Direzione dei Lavori abbia ordinato in corso d'opera, e per iscritto, tali maggiori dimensioni, se ne terrà conto nella contabilizzazione. In nessun caso saranno tollerate dimensioni minori di quelle ordinate, e l'Impresa potrà essere chiamata, a insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, a rifacimenti a sua cura e spese.

Le misure saranno prese in contraddittorio, mano a mano che si procederà all'esecuzione delle opere, e riportate su apposito libretto che sarà firmato dagli incaricati della Direzione dei Lavori e dell'Impresa.

Misurazione dei lavori

I lavori compensati **“a misura”** saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori.

Resta stabilito che per i lavori “a misura” l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario per definire qualitativamente e quantitativamente i lavori eseguiti da contabilizzare) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto digitale ed una copia cartacea, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, effettuate in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

I lavori compensati **“a corpo”** verranno compensati in base a quote percentuali dell'aliquota riferita ad ogni categoria di lavorazione in cui il lavoro è stato suddiviso, per ogni categoria potranno essere individuate aliquote parziali riferite a lotti funzionali ovvero ad organismi o tipologie strutturali.

Il prezzo a corpo comprende e compensa tutte le lavorazioni, i materiali, gli impianti, i mezzi, la mano d'opera e ogni altro onere necessario alla completa esecuzione delle opere richieste dalle prescrizioni progettuali e contrattuali, dalle indicazioni della direzione lavori nella piena osservanza della normativa vigente e dalle specifiche del presente capitolato.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- per i lavori compensati "a misura" si dovrà produrre la documentazione contabile prima descritta per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito;
- per i lavori compensati "a corpo" la Direzione Lavori effettuerà controlli in corso d'opera dei materiali e dei lavori finiti, in contraddittorio con l'Appaltatore, per verificarne la rispondenza per quantità e qualità agli elaborati progettuali facenti parte integrante ed allegati al Contratto. Inoltre per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto il corrispettivo da accreditare negli S.A.L. è l'acconto stabilito dal Contratto, dal quale saranno dedotte le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni), anch'esse valutate percentualmente ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera. La contabilizzazione delle quote percentuali di lavori riferite alle aliquote delle categorie omogenee, per le quali viene specificata la collocazione nell'ambito delle opere in corso di realizzazione, viene considerata a tutti gli effetti di legge contabilizzazione definitiva.

1.4 CONTROLLI E PROVE

L'incidenza delle prove ufficiali è indicata nel Piano Controllo Qualità di Cantiere (PCQ) o, in mancanza secondo le indicazioni in seguito riportate. In generale deve essere incrementata in ragione della discontinuità dei materiali portati e della variabilità delle procedure di compattazione.

L'Appaltatore può eseguire prove di controllo con un laboratorio interno di cantiere oppure con il laboratorio ufficiale. Le prove di laboratorio o rapporti di prova interni sono da intendersi indicativi e non sostituiscono quelli ufficiali che devono essere sempre effettuati in ogni caso. La registrazione dei dati con l'emissione di relativo rapporto di prova che verrà firmato da entrambi le parti qualora la prova avvenisse in contraddittorio è curata dal Responsabile Controllo Qualità (RCQ) dell'Appaltatore che tempestivamente di volta in volta farà pervenire copia agli uffici Qualità della Direzione Lavori.

Per quanto concerne il laboratorio di cantiere interno dell'Appaltatore si richiede che:

- il personale addetto sia qualificato di provata esperienza e affidabilità;
- il numero del personale addetto alle prove nonché quello delle attrezzature disponibili siano correlati alle dimensioni effettive del cantiere, pertanto qualora aumentasse la produzione e conseguentemente anche le prove da eseguirsi l'Appaltatore dovrà tempestivamente garantire senza pregiudizi alcuna presenza continua e disponibilità ampia alle richieste della Direzione Lavori.

Il laboratorio interno di cantiere deve avere appositi spazi dedicati ed essere accessibile e visitabile in ogni momento dalla Direzione Lavori.

Sia l'elenco del personale con relativa qualifica sia l'elenco delle attrezzature di laboratorio accompagnate da certificati di tarature deve essere inviata alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

Per le prove in situ i rapporti di prova emessi dall'Appaltatore in base ai dati del suo laboratorio interno devono riportare:

- WBS indicata dettagliatamente (se esistente);
- Caratteristiche materiale testato;
- Data esecuzione prove;
- Risultati ottenuti;
- Firme ed eventuali timbri.

Per le prove di piastra qualora eseguite internamente il rapporto di prova conterrà:

- WBS dettagliata (se esistente);
- Data prova;
- Entità' del materiale;
- Operatore della prova;

- Modello certificato taratura delle apparecchiature utilizzate dove previsto;
- Valori trovati;
- Firma/timbri.

La Direzione Lavori può indicare a sua discrezione i punti per il campionamento dei materiali e per l'esecuzione delle prove in situ.

1.4.1 CONTROLLI SUGLI SCAVI

Controllo sulla geometria degli scavi. Controllo della densità secca e del modulo di deformazione: sono controllate le suddette grandezze ogni qual volta all'Appaltatore è chiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo scavo.

Le prove saranno effettuate su ogni singolo scavo se di dimensioni inferiori a 1000 m² oppure su lotti di scavo di 1000 m².

Lo scavo con uso di esplosivi deve essere effettuato secondo quanto riportato negli elaborati grafici indicante posizione e quantità di cariche correlato da una relazione esplicativa. Deve essere verificato la presenza dei premissi da parte della autorità competenti e la qualifica del personale addetto al maneggio degli esplosivi. La documentazione suddetta in copia saranno conservate dall'Appaltatore in prossimità dei luoghi di lavoro a disposizione della Direzione Lavori e delle autorità competenti.

1.4.2 CONTROLLO SU BONIFICHE

Per quanto concerne l'accettazione in cantiere dei materiali, essa è subordinata alla presentazione del dossier completo di qualifica approvato dalla Direzione Lavori, in tal caso si rileva la presenza del certificato.

Il controllo dello spessore degli strati deve essere effettuato per ogni strato, il controllo dei requisiti devono essere eseguiti in ragione di una prova ogni 1000 m³ e di almeno una prova per ogni strato di materiale compattato.

1.4.3 PREPARAZIONE DEI PIANI DI POSA

Eliminazione dello strato vegetale e rimozione di tutto quanto ci fosse presente nell' area stradale. Il materiale di scavo, costituito da terreno vegetale, verrà riportato in sede esterna al corpo del rilevato per il successivo riutilizzo a rivestimento delle scarpate o depositato in apposita area.

I materiali provenienti dagli scavi di bonifica verranno depositati e successivamente riutilizzati per la formazione dei rilevati quando siano compatibili con le caratteristiche minime sufficienti previste a progetto. Gli esuberanti saranno destinati a modellamento del terreno ovvero a carico, trasporto e scarico a deposito, a cura e spese dell'Appaltatore, su aree espressamente indicate dalla Direzione Lavori o in aree da procurarsi dall'Appaltatore o in discarica, sempre a cura e spese dell'Appaltatore -ivi comprese le indennità per occupazione delle aree o gli oneri per conferimenti a discarica. Potranno oppure essere opportunamente corretti o stabilizzati, sempre a cura e spese dell'Appaltatore, e reimpiegati nell'ambito del cantiere previa autorizzazione della Direzione Lavori

All' Appaltatore spetta il solo corrispettivo dello scavo di sbancamento per la bonifica e per il materiale da rilevato per il riempimento del solo scavo di bonifica.

E' inoltre compensata con il prezzo a corpo la profilatura delle scarpate, degli elementi marginali e dei cassonetti, anche in roccia, e l'eventuale esaurimento d'acqua.

La preparazione del piano di posa in trincea verrà effettuata con l'eventuale scavo di ammorsamento e bonifica per la profondità di 30 cm al di sotto del piano del cassonetto, salvo eventuali maggiori scavi di bonifica che venissero disposti dalla Direzione dei Lavori, con i medesimi oneri precedenti.

1.4.4 CONTROLLI SUI RILEVATI E SUI RINTERRI

Per quanto concerne l'accettazione in cantiere dei materiali, essa è subordinata alla presentazione del dossier completo di qualifica approvato dalla Direzione Lavori, in tal caso si rileva la presenza del certificato.

Nel caso di rocce tufacee si controllerà che i materiali abbiano pezzatura conforme in ragione di una prova per 3000 m³.

Prima della compattazione si determina il contenuto di acqua del materiale confrontandone il valore con i valori stabiliti in ragione di una prova ogni 10.000 m³ o comunque una per ogni strato da compattare.

Si dovranno misurare gli spessori degli strati stesi prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori ai massimi ammessi. Si controllerà la pendenza trasversale le scarpate dei rilevati in ragione di un controllo ogni 1000 m².

Il controllo dei requisiti devono essere eseguiti in ragione di una prova ogni 4000 m² e, in ogni caso, per ogni strato compattato, per i rinterri la frequenza è aumentata a una prova ogni 2000 m² e per ogni strato compattato.

Controllo della geometria del rilevato: per tutta la lunghezza del rilevato dovranno essere rilevati i valori di altezza rilevato, larghezza banchina e verificare con i dati di progetto la corrispondenza.

Per i controlli di rilevati a ridosso di opere d'arte si applicano gli stessi criteri.

1.5 OBBLIGHI E ONERI COMPRESI

Sono compresi nei prezzi anche gli obblighi e gli oneri di seguito descritti.

- L'esecuzione dei tracciamenti e la predisposizione di tutti i picchetti e le modine occorrenti per l'esatta profilatura di scavi, rilevati, riporti e trincee;
- La fornitura, posa in opera e disarmo di eventuali armature impalcature puntellamenti e le relative perdite parziali o totali di legname e ferri impiegati;
- Gli oneri per eventuali rampe, piste di accesso le cui quantità non vengono contabilizzate;
- L'individuazione dei materiali provenienti dagli scavi e riutilizzabili per la costruzione delle opere in terra sarà cura ed onere dell'Appaltatore prima dell'inizio dei lavori condurre una campagna di indagini allo scopo di fornire alla Direzione Lavori una esauriente documentazione sia per quanto attiene alle caratteristiche fisico meccaniche dei materiali sia la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione lavori. Se i quantitativi dei materiali fossero insufficienti alle esigenze di costruzione sarà cura dell'Appaltatore presentare anche una analoga documentazione relativa alle cave di prestito;
- Gli oneri dell'approvvigionamento dei materiali presso cave di prestito tanto in terreni privati che di enti pubblici e privati;
- La provenienza e il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla Direzione Lavori;
- Trattamenti preliminari dei materiali per renderli idonei all'impiego eccezione fatta per materiali provenienti da cave all'interno dell'area di cantiere;
- Provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione dei materiali utilizzati per i rinterri ed i rilevati;
- In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse;
- Le prove in sito e di laboratorio previste così come quelle integrative che la Direzione Lavori ritenesse necessarie per accertare la qualità del lavoro;
- L'Appaltatore per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con l'esigenza dell'avanzamento lavori, dovrà provvedere all'installazione di uno o più laboratori attrezzati per l'esecuzione delle prove previste. Il laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al quantitativo di prove da eseguire.
- Sarà cura dell'Appaltatore provvedere al controllo e al contenimento di acque di falda e superficiali provvedendo alla costruzione delle opere di drenaggio e alla realizzazione di tutte le opere provvisorie atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire e garantire il regolare deflusso di acqua;

- Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali proveniente da cave di prestito così come quelli provenienti dagli scavi;
- Se in fase di lavoro siano rinvenuti oggetti o materiali tutelati dalle leggi vigenti l'Appaltatore comunicherà immediatamente alla DL quanto trovato;
- L'Appaltatore provvede alla profilatura delle scarpate delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli se previsti nonché alla maggiorazione delle dimensioni di progetto dei rilevato per tenere conto dell'assestamento delle terre affinché all'epoca dei collaudi i rilevati eseguiti non abbiano dimensioni inferiori a quelle previste nel progetto costruttivo;
- Il trasporto e lo smaltimento a discarica autorizzata di tutto il materiale di risulta proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per riutilizzo;
- La protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed alla eventuale ricostruzione in caso di danneggiamento o rimozione nello stato in cui si trovavano prima della effettuazione dei lavori;
- L'Appaltatore provvede alla pulizia manutenzione e ripristino del manto stradale sia per le strade di cantiere sia per le strade esterne, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi, garantendo la sicurezza sempre;
- La consegna, nell'ambito degli elaborati as-built, degli elaborati recanti, per ogni tratto di rilevato o trincea realizzata con materiali omogenei per tipologia, provenienza e trattamento, e almeno per ogni WBS di progetto, delle caratteristiche e provenienza dei materiali inerti forniti ed impiegati, del loro trattamento per la posa in opera e dei risultati delle prove in sito ed in laboratorio effettuate.

1.6 VALUTAZIONE E COLLAUDO

La computazione delle quantità dei lavori e delle forniture materiali sarà conformato a quanto presente nell'elenco prezzi.

I lavori saranno liquidati in base alle misure fissate da progetto, anche se dalle misure di controllo rilevate dagli incaricati, dovessero risultare spessori, lunghezze, cubature e pesi effettivamente superiori.

Nel caso che la Direzione dei Lavori abbia ordinato in corso d'opera, e per iscritto, delle variazioni dimensionali significative, queste maggiorazioni saranno computate in aggiunta.

Se le dimensioni rilevate si rilevassero minori di quelle di progetto, la Direzione dei Lavori potrà ordinare il rifacimento secondo le dimensioni esatte.

Le misure saranno prese in contraddittorio tra DL e Appaltatore durante lo svolgimento dei lavori, queste saranno trascritte su apposito libretto che sarà firmato dalla Direzione dei Lavori e dell'Appaltatore.

Resta sempre garantita la possibilità di verifica e di rettifica delle suddette misurazioni in occasione delle operazioni di liquidazione finale dei lavori.

2 DEMOLIZIONI

Le demolizioni di murature, calcestruzzi, ecc., sia parziali sia complete, devono essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da non danneggiare le residue murature, da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro ed a terzi, evitare danni ad altre opere od a cose e con il minimo disturbo tecnicamente possibile a terzi.

In particolare l'Appaltatore dovrà mettere in atto tutte le cautele e predisporre ogni mezzo e attrezzatura necessari affinché sia evitato qualsiasi disturbo e si prevenga qualsiasi rischio sia per la sicurezza del traffico sulle strade aperte al traffico poste in adiacenza, sovrappassanti o sottopassanti le opere da demolire, comprese le strade insistenti su opere da demolire solo parzialmente in presenza di traffico, sia per l'integrità delle strade medesime.

È vietato gettare nel vuoto i materiali demoliti senza utilizzare, ogni qual volta possibile, sistemi di trasporto o di guida verso il basso.

È vietato sollevare polvere, pertanto sia le opere da demolire sia i materiali di risulta dovranno essere opportunamente bagnati.

Nelle demolizioni o rimozioni l'Appaltatore deve inoltre provvedere alle eventuali necessarie puntellature per sostenere le parti che devono restare in opera e disporre in modo da non deteriorare i materiali risultanti, i quali tutti devono ancora potersi impiegare utilmente, sotto pena di rivalsa di danni a favore dell'Amministrazione Appaltante.

Le demolizioni dovranno limitarsi alle parti ed alle dimensioni previste in progetto o prescritte in cantiere. Quando, anche per mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero demolite o danneggiate altre parti od oltrepassati i limiti fissati, saranno a cura e spese dell'Appaltatore ricostruite e rimesse in ripristino le parti indebitamente demolite o danneggiate.

In particolare l'Appaltatore è tenuta a demolire murature e fabbricati ricadenti nelle aree d'impronta del solido stradale; nei tratti in trincea la demolizione delle opere murarie deve essere spinta fino ad un metro al di sotto del piano di posa della pavimentazione stradale; nei tratti in rilevato fino a raso campagna o del profilo naturale del terreno.

In ogni caso, prima di procedere alla demolizione di fabbricati, l'Appaltatore è tenuta a darne tempestiva comunicazione alla Direzione Lavori.

Tutti i materiali riutilizzabili devono essere opportunamente scalcinati, puliti, custoditi, trasportati ed ordinati nei luoghi di deposito, trattamento o reimpiego usando cautele per non danneggiarli sia nello scalcinamento, sia nel trasporto e scarico, e per evitare la dispersione.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e rimozioni dovranno essere, a cura e spese dell'Appaltatore, caricati, trasportati e scaricati a deposito o a rifiuto su aree da procurarsi a sua cura e spese, ivi comprese le indennità per occupazione delle aree o gli oneri per conferimenti a discarica, nel rispetto della normativa vigente applicabile, alla Direzione Lavori dovrà essere prodotta puntuale documentazione al riguardo.

Nei prezzi di elenco applicabili ai lavori di demolizione si intendono compresi e compensati:

- Le attrezzature, mezzi d'opera, macchine operatrici, mano d'opera e supervisione richiesti dal tipo di demolizione;
- Tagli di armature eseguiti con qualsiasi mezzo;
- Ottenimento di eventuali autorizzazioni;
- Ripristino di quanto demolito o rimosso oltre misura;
- Abbassamento al piano di posa delle macerie, carico, trasporto e accatastamento nell'area di cantiere indicata dalla Committente dei materiali di risulta recuperabili o non trasporto e discarica escluso;
- Nel caso di scapitozzatura dei pali sono inclusi gli oneri per sovrasspessori del diametro nominale del palo e gli oneri connessi alla necessità di operare a quota più bassa rispetto a quella del terreno circostante;
- Oneri connessi alla sistemazione dei ferri di armatura da recuperare (compresi i ferri dei pali da scapitozzare);
- Sono a carico dell'Appaltatore l'utilizzo di martelloni ed altre attrezzature speciali di demolizione (morsa idraulica) o dell'utilizzo di demolitori a mano (elettrico e o pneumatico).

3 SCAVI

3.1 Scavi in genere

Per scavo si intende la rimozione e trasporto di terreni di qualsiasi natura e consistenza e di materiali litoidi. Si definiscono materiali litoidi materiali coerenti e compatti che devono essere scavati con macchine demolitrici e l'uso eventuale di esplosivi, sono incluse rocce in strati alternati nella quale la presenza di fessurazioni e alterazioni non rechi pregiudizio alla compattezza della massa o in presenza di cemento litoide nelle fessure.

In base alla destinazione dell'area interessata dallo scavo, alla modalità di esecuzione, alle dimensioni e alla forma gli scavi vengo suddivisi in:

- Scavi di sbancamento;
- Scavi a sezione obbligatoria;

In base alla natura geologica del terreno si distinguono in:

- Scavi in terra;
- Scavi in roccia tenera (sino alla resistenza specificata nelle voci di elenco prezzi);
- Scavi in roccia dura;

In base alla presenza o meno di falde acquifere si distingue tra:

- Scavi all'asciutto;
- Scavi subacquei (per una profondità stabile dell'acqua specificata nelle voci di elenco prezzi);

Gli scavi possono essere eseguiti a mano, meccanicamente o, dove previsto, mediante l'uso di esplosivi.

L'Appaltatore deve attenersi alle prescrizioni e criteri in seguito indicati.

Gli scavi occorrenti per la formazione del corpo stradale (ivi compresi quelli per la sistemazione del piano di posa dei rilevati e per far luogo alla pavimentazione ed alla bonifica del sottofondo stradale in trincea), nonché quelli per la formazione di cunette, fossati, passaggi, rampe e simili, devono essere eseguiti secondo le forme e le dimensioni riportate negli elaborati grafici di progetto ed in conformità a quanto eventualmente ordinato per iscritto dalla Direzione dei Lavori.

In generale il fondo e le pareti degli scavi devono essere rifiniti secondo le quote e le pendenze di progetto, il fondo dello scavo deve essere compattato secondo le indicazioni di progetto.

Devono essere adottate ogni cautela e precisione nel sagomare i fossi, nel configurare le scarpate in trincea ed i piani di fondazione e nel profilare i cigli della strada ed i cigli delle scarpate; le trincee devono essere consegnate con le quote e secondo i profili e le sezioni di progetto, con scarpate ben spianate e regolari, con cigli ben tracciati e profilati.

Occorre procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, qualora si verificassero è obbligatorio, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, procedere alle necessarie riprese e sistemazioni delle scarpate, al fine di riportarle al profilo originario, nonché allo spurgo dei fossi e delle cunette.

Qualora negli scavi in genere si fossero superati i limiti e le dimensioni assegnati in progetto, l'Appaltatore deve ripristinare le previste geometrie, utilizzando materiali idonei.

Deve essere garantito un efficace sistema sia per evitare convogliamenti ed immissioni di acque meteoriche superficiali di ruscellamento all'interno degli scavi aperti, sia per l'aggettamento delle acque di falda: resta inteso che danni dovuti alla presenza di acqua per mancata realizzazione di appositi sistemi di protezione e/o emungimento sono a carico dell'Appaltatore. Se dagli scavi in genere e dai cavi di fondazione, malgrado l'osservanza delle prescrizioni, l'Appaltatore, in caso di sorgive o filtrazioni, non potesse far defluire l'acqua naturalmente, è in facoltà della Direzione Lavori di ordinare, secondo i casi, e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento.

Quando la Direzione Lavori ordinasse il mantenimento degli scavi in asciutto, sia durante l'escavazione, sia durante l'esecuzione delle murature o di altre opere di fondazione, l'Appaltatore avrà l'obbligo di fornire le macchine, le attrezzature e gli operai necessari. In ogni caso quando l'acqua venga eliminata mediante opere provvisorie e/o con l'ausilio di pompe lo scavo viene considerato come eseguito all'asciutto ai fini della contabilità lavori, in quanto le opere provvisorie e le pompe sono contabilizzate a parte.

Salvo che non sia specificato diversamente nelle voci di elenco prezzi, sono considerati scavi subacquei soltanto quelli eseguiti da una profondità superiore a 20 cm dal livello medio stabile nello scavo dell'acqua naturalmente presente nel sottosuolo, con esclusione pertanto delle acque meteoriche che si riversano nello scavo per carenza di sistemi di protezione. I prezzi relativi agli scavi subacquei saranno applicati solamente alle quantità scavate a partire da 20 cm sotto il livello costante medio stabile dell'acqua nello scavo. Occorre provvedere alla stabilità e alla sicurezza degli scavi ove fosse necessario mediante paratie, palancole, sbadacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa; adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti, in ogni caso resta a suo carico il risarcimento per i danni, dovuti a negligenze o errori, subiti da persone e cose o dall'opera medesima; nel caso di franamento degli scavi è altresì a carico dell'Appaltatore procedere alla rimozione dei materiali ed al ripristino del profilo di scavo. Nulla è dovuto per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato per armature, sbadacchiature e simili.

Particolare cura si deve usare durante i lavori di scavo nei riguardi di fabbricati ed opere limitrofe e delle relative fondazioni, l'Appaltatore deve adottare a sua cura e spese tutti i provvedimenti atti ad evitare danni e a garantire l'incolumità di persone e cose assumendosene la responsabilità; in ogni caso resta a suo carico il risarcimento per i danni, dovuti a negligenze o errori, subiti da persone e cose o dall'opera medesima

La Direzione Lavori potrà richiedere l'esecuzione di scavi campione con prelievo di saggi ed effettuazione di prove in sito e analisi di laboratorio;

I trovanti di qualsiasi natura e dimensione dovranno essere rimossi;

La Direzione Lavori dovrà essere avvisata all'ultimazione dello scavo per la verifica in contraddittorio, se ciò non fosse rispettato la Direzione Lavori potrà richiedere all'Appaltatore di scoprire le parti occultate dalle lavorazioni successivamente eseguite;

La Direzione Lavori, in relazione alla natura dei terreni, potrà ordinare l'adozione di provvedimenti atti a prevenire la contaminazione dei materiali d'apporto e fra questi provvedimenti la fornitura e la posa in opera di teli geotessili. L'Appaltatore dovrà provvedere a tutti i sistemi di sicurezza degli scavi mediante apposizione di parapetti, reti e segnaletica, anche luminosa ove fosse richiesto;

L'Appaltatore dovrà indagare preventivamente all'esecuzione degli scavi l'area per rilevare la posizione esatta di interferenze con impianti, condotte, cavi elettrici o di telecomunicazione o manufatti con saggi preliminari ecc., la presenza in progetto di documenti riportanti il tracciato delle interferenze non riduce la responsabilità dell'Appaltatore per danni alle medesime, in quanto tali documenti sono solo indicativi della presenza e della posizione approssimativa delle interferenze che è stato possibile rilevare in base ai rilievi di campagna ed alle segnalazioni degli enti proprietari.

Nel caso di rinvenimento non previsto di materiali contenente sostanze nocive, l'Appaltatore deve preventivamente chiedere alla Direzione Lavori istruzioni sul loro trattamento e destinazione, istruzioni alle quali deve poi attenersi scrupolosamente. I relativi costi saranno oggetto di apposita trattativa;

I materiali degli scavi di ogni genere o dalle demolizioni dei trovanti restano di proprietà della Committente. Qualora i materiali siano ceduti all'Appaltatore, si applica quanto disposto dal Regolamento appalti D.P.R. 207/2010.

3.2 Smacchiamento e scoticamento

Lo smacchiamento e lo scoticamento del terreno dovranno essere sempre eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o di formazione del rilevato; l'Appaltatore dovrà individuare i limiti dell'area di costruzione e dove necessario la Direzione Lavori indicherà alberi, cespugli, piante, ecc. che dovranno essere mantenute sul posto.

Lo smacchiamento consiste nel taglio degli alberi, degli arbusti e dei cespugli, nonché all'estirpazione delle ceppaie e delle radici. I prodotti dello smacchiamento, salvo diversa indicazione specificamente prevista, sono lasciati a disposizione dell'Appaltatore che ha l'obbligo e la responsabilità, a sua cura e spese, del loro trasporto, a qualsiasi distanza, in siti appositamente attrezzati e autorizzati per lo smaltimento.

Lo scoticamento consiste nella rimozione ed asportazione della coltre di terreno vegetale di qualsiasi natura e consistenza e con qualunque contenuto di acqua ricadente nell'area di impronta

del solido stradale, per gli spessori previsti in progetto o ordinato per iscritto dalla Direzione Lavori. Nei tratti di trincea l'asportazione della terra vegetale deve essere totale, allo scopo di evitare ogni contaminazione del materiale successivamente estratto, se questo deve essere utilizzato per la formazione dei rilevati. Parimenti, l'Appaltatore deve prendere ogni precauzione per evitare la contaminazione con materiale inerte della terra vegetale da utilizzare per le opere a verde, procedendo, nel caso della gradonatura del piano di posa dei rilevati, per fasi successive, come indicato nel § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

L'Appaltatore risponde di eventuali trascuratezze nelle suddette lavorazioni che incidano sul piano di movimento di materie: provvede, quindi, a sua cura e spese, al deposito in discarica del materiale contaminato ed alla fornitura dei volumi idonei sostitutivi. La terra vegetale che non venga utilizzata immediatamente deve essere trasportata in idonei luoghi di deposito provvisorio al fine di poterla riutilizzare per il rivestimento delle scarpate, per la formazione di arginelli e per altre opere di sistemazione a verde (spartitraffico centrale e laterale, isole divisionali, dune vegetate, ricoprimento superficiale di aree, ecc.). I depositi provvisori di terra vegetale vanno sistemati come descritto nel § 2.9.3.1.

Le terre ad alto contenuto organico, in eccesso rispetto alle esigenze di ricopertura o contaminate, devono essere portate immediatamente a rifiuto, onde scongiurare ogni rischio di inquinamento dei materiali destinati alla formazione del corpo del rilevato.

L'asportazione della terra vegetale deve avvenire subito prima dell'esecuzione dei movimenti di terra nel tratto interessato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati, sia per i tratti in rilevato (per evitare rammollimenti e perdite di portanza dei terreni costituenti il piano di posa), sia per i tratti in trincea.

3.3 Scavi di sbancamento

Sono definiti scavi di sbancamento quelli necessari per l'apertura della sede stradale, piazzali, pertinenze in trincea ed opere accessorie, la formazione dei cassonetti, per far luogo alla pavimentazione, gli scavi per la bonifica del piano di posa dei rilevati o del sottofondo stradale in trincea, lo splanteamento del terreno per far luogo alla formazione di piani di appoggio, platee di fondazione, vespai, la formazione di rampe incassate, cunette di piattaforma, gli allargamenti di trincee, anche per l'inserimento di opere di sostegno, ed i tagli delle scarpate di rilevati esistenti per l'ammorsamento di parti aggiuntive del corpo stradale;

Inoltre, sono considerati scavi di sbancamento anche tutti i tagli a larga sezione agevolmente accessibili, mediante rampa, sia ai mezzi di scavo, sia a quelli di trasporto delle materie, a pieno carico.

In presenza di terreni sensibili all'acqua e ove si adottino procedimenti di scavo a strati sub orizzontali, le superfici di lavoro devono presentare sufficiente pendenza verso l'esterno (generalmente non inferiore al 6%) su tutta la loro larghezza. Ciò fino a quando non sarà raggiunto il piano di sbancamento definitivo.

Il piano finito di sbancamento deve risultare perfettamente regolare, privo di avvallamenti e ben spianato secondo le quote e le pendenze previste nei disegni e nelle sezioni trasversali di progetto. Generalmente, dette pendenze debbono risultare non inferiori al 4%, per permettere un allontanamento delle acque sufficientemente rapido. I piani di sbancamento debbono essere rullati alla fine della giornata di lavoro o, immediatamente, in caso di minaccia di pioggia.

L'Appaltatore deve informare la Committente per le scarpate necessarie da adottare e solo dopo autorizzazione della Committente potrà provvedere ai lavori. Provvederà a sue spese anche alla rimozione e allontanamento del materiale eventualmente franato.

3.4 Scavi a sezione ristretta

Per scavi a sezione ristretta si intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali o subverticali, riproducenti il perimetro dell'opera. Qualunque sia la loro natura, detti scavi debbono essere spinti, su motivato ordine scritto della Direzione Lavori, a profondità maggiori di quanto previsto in progetto, fino al rinvenimento del terreno dalla capacità portante ritenuta idonea. L'eventuale approfondimento non fornisce all'Appaltatore motivo alcuno per eccezioni e domande di speciali

compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento del maggior lavoro eseguito, secondo i prezzi contrattualmente stabiliti in relazione alle varie profondità.

Per fondazione di notevole estensione la Direzione Lavori si riserva la facoltà di suddividere l'intera area in più parti; la stessa può ordinare di fare eseguire campioni per sondaggio terreno in qualsiasi area del cantiere. Il fondo degli scavi deve risultare conforme ai profili e alle sezioni di progetto o secondo quanto ordinato dalla Direzione Lavori, in generale dovrà essere perfettamente piano o disposto a gradoni con pendenza verso monte del 2-3 % in presenza di declivi con pendenza superiore a 15%; Il fondo scavo deve essere regolare senza fratture, sfaldature, residui organici. Le sporgenze devono essere eliminate e le cavità non devono essere riempite con i materiali scavati.

In ogni caso devono essere presi provvedimenti per evitare ristagni d'acqua sull'impronta delle fondazioni delle opere d'arte, come pure per evitare convogliamenti ed immissioni di acque meteoriche superficiali di ruscellamento all'interno degli scavi aperti.

Le pareti degli scavi, come già detto, sono di norma verticali o subverticali; l'Appaltatore, occorrendo, deve sostenerle con idonee armature, paratie, palancolate, sbadacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, ecc. rimanendo responsabile per ogni danno a persone e cose che possa verificarsi per smottamenti delle pareti e franamenti dei cavi.

Ove ragioni speciali non lo vietino, gli scavi possono essere eseguiti anche con pareti a scarpa, con pendenza minore di quella prevista nei disegni di progetto; in tal caso, nulla è dovuto per i maggiori volumi di scavo e riempimento eseguiti di conseguenza.

3.5 Bonifiche

Le bonifiche al di sotto dei piani di posa rilevati, trincee o manufatti vengono effettuata mediante la sostituzione dei terreni del sottosuolo con materiale idoneo e/o con trattamento a calce; La bonifica verrà eseguita quando il terreno che costituisce il piano di posa non è conforme alle prescrizioni di progetto o, in generale non è idoneo in quanto altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche, con quantità rilevanti di contenuto organico.

Le aree da bonificare sono indicate negli elaborati di progetto e/o sono individuate durante i lavori in funzione delle caratteristiche dei terreni rinvenuti in corso d'opera.

L'esecuzione degli scavi di bonifica deve avvenire subito prima del loro riempimento per evitare l'esposizione

alle acque piovane dei terreni denudati (per evitare rammollimenti e perdite di portanza dei terreni costituenti il piano di posa).

Il materiale sarà steso a strati omogenei dello spessore non superiore ai 50 cm per il gruppo A1, per i materiali di altri gruppi lo spessore deve essere non superiore ai 30 cm.

4 RILEVATI CON MATERIALI ARTIFICIALI O RICICLATI

In alternativa ai materiali naturali i rilevati potranno essere realizzati con l'impiego di aggregati provenienti da:

- Processi industriali/scorie.
- Demolizioni;

I materiali utilizzati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Per gli aggregati in questione la norma di riferimento è la UNI EN 12620 e il D.M. 11.04.2007. Ciascuna fornitura di materiale dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA, secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa vigente.

I materiali saranno classificati, in relazione alla loro composizione, in conformità all'appendice A della norma UNI EN 12620.

Le miscele non legate di aggregati artificiali dovranno rispettare per l'impiego i requisiti di cui al prospetto 3a e 3b della UNI 11531-1, prima riportati.

Le miscele non legate di aggregati riciclati dovranno rispettare per l'impiego i requisiti di cui al prospetto 4a e 4b della UNI 11531-1, riportate in stralcio nel seguito:

4a - Miscele non legate di aggregati riciclati		Corpo dei rilevati		Sottofondo	
Caratteristica	Norma di prova	Requisito	Frequenza minima di prova in fase di stesa	Requisito	Frequenza minima di prova in fase di stesa
Designazione della miscela	UNI EN 12620	0/63	5000 m ³	0/31,5	2000 m ³
Sopravaglio della miscela	UNI EN 933-1	OC ₈₅	5000 m ³	OC ₇₅	2000 m ³
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 933-1	UF ₃₅	5000 m ³	UF ₁₅	2000 m ³
Granulometria della miscela	UNI EN 933-1	G _N	5000 m ³	G _U	2000 m ³
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI ₅₀	50000 m ³	FI ₃₅	2000 m ³
Qualità dei fini (blu di metilene)	UNI EN 933-9	MB ₅	5000 m ³	MB ₅	2000 m ³
Qualità dei fini (equivalente in sabbia, alternativo)	UNI EN 933-8	SE ₂₀	5000 m ³	SE ₃₀	2000 m ³
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA ₅₀	50000 m ³	LA ₄₅	20000 m ³
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS _{0,2}	5000 m ³	SS _{0,2}	2000 m ³
Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in calcestruzzo, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfridi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro.	UNI EN 933-11	Rcug ₅₀	5000 m ³	Rcug ₅₀	2000 m ³
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	Rg ₅₋	5000 m ³	Rg ₅₋	2000 m ³
Contenuto di materiali bituminosi	UNI EN 933-11	Ra ₃₀₋	5000 m ³	Ra ₁₀₋	2000 m ³

Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo sostanze organiche eccetto bitume.	UNI EN 933-11	FL ₁₀₋	5000 m ³	FL ₁₀₋	2000 m ³
Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi	UNI EN 933-11	X ₁₋	5000 m ³	X ₁₋	2000 m ³
Massa volumica max, con energia Proctor modificata	UNI EN 13286-2	Da eseguire	5000 m ³	Da eseguire	2000 m ³
Portanza CBR dopo 4 d di imbibizione su provini costipati con umidità±2% dell'ottimo al 98% della massa volumica massima all'energia Proctor modificata ⁽¹⁾	UNI EN 13286-47			≥ 20 ⁽¹⁾	50000 m ³
Rigonfiamento CBR	UNI EN 13286-47			≤ 1%	50000 m ³

(1) Requisito modificato per il presente documento rispetto alle indicazioni di UNI 11531-1

4b Miscele non legate di aggregati riciclati		Strato anticapillare	
Caratteristica	Norma di prova	Requisito	Frequenza minima di prova in fase di stesa
Designazione	UNI EN 13242 UNI EN 13285	2/31,5	
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 933-1	UF ₃	1000 m ³
Granulometria	UNI EN 933-1	G _C 85/15	1000 m ³
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	Fl ₃₅	10000 m ³
Qualità dei fini (equivalente in sabbia)	UNI EN 933-8	SE ₇₀	1000 m ³
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA ₄₀	10000 m ³
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS _{0,2}	1000 m ³
Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in calcestruzzo, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfridi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro.	UNI EN 933-11	Rcug ₇₀	1000 m ³
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	Rg ₅₋	1000 m ³
Contenuto di materiali bituminosi	UNI EN 933-11	Ra ₃₀₋	1000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo, sostanze organiche eccetto bitume, ...	UNI EN 933-11	FL ₅₋	1000 m ³

Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso, cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi	UNI EN 933-11	X ₁	1000 m ³
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------	----------------	---------------------

Per l'impiego di inerti di artificiali o di riciclo dovrà essere preventivamente fornita alla Direzione Lavori oltre all'indicazione dell'impianto o degli impianti di produzione, con la specifica delle caratteristiche delle modalità operative riferite sia alla costanza di qualità del prodotto, sia ai sistemi di tutela da inquinanti nocivi, una campionatura significativa del materiale prodotto e le eventuali certificazioni relative a prove sistematiche fatte eseguire su materiali.

Il materiale dovrà comunque rispondere alle specifiche tecniche di prima riportate.

4.1 Aree di deposito o rifiuto

Le materie provenienti dagli scavi di proprietà dell'impresa, e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti debbono essere portate a deposito, nel rispetto delle normative vigenti, in aree che l'Appaltatore deve procurare a sua cura, spese e responsabilità, in alternativa l'Appaltatore dovrà provvedere a proprie spese allo smaltimento in discarica autorizzata.

Per il materiale da riutilizzare, dovrà provvedere allo stoccaggio in appositi siti di cantiere in modo ordinato e pulito, tali aree di stoccaggio potranno essere eventualmente indicate dalla DIREZIONE LAVORI.

L'Appaltatore ha l'onere di ottenere eventuali autorizzazioni da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio e di sostenere le spese ed indennità per occupazione di territorio qualora scelga l'area per stoccare le materie di scavo.

5 MISTO STABILIZZATO

5.1 MISCELA

Miscela di materiali granulari (misto granulare) stabilizzati per granulometria con l'aggiunta o meno di legante naturale, il quale è costituito da terra passante al setaccio 0,25 UNI: l'aggregato potrà essere costituito da ghiaie, detriti di cava e materiali riciclati quali fresato, scorie di acciaieria e materiali di demolizione.

Potrà essere materiale reperito in sito, entro o fuori cantiere, oppure una miscela di materiali aventi provenienze diverse, in proporzioni stabilite attraverso una indagine preliminare di laboratorio e di cantiere. Lo spessore da assegnare alla fondazione, se non indicato in progetto, sarà fissato dalla Direzione dei Lavori in relazione alla portanza del sottofondo.

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 63 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo e uniforme:

Setacci (mm)	Passante %
63	100
40	84-100
20	70-92
14	60-85
8	46-72

4	30-56
2	24-44
0.25	8-20
0.063	6-12

- perdita di peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% (LA_{30})
- equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio 4 ASTM. compreso tra 40 e 80. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia (80) potrà essere variato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 40 e 60 la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo comma 5 ;
- indice di portanza CBR(1), dopo 4 giorni di imbibizione in acqua non minore di 50. E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di +2% rispetto all'umidità ottima di costipamento.

5.2 STUDIO DI PROGETTO

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla Direzione Lavori mediante apposito studio di laboratorio, eseguito a carico dell'Impresa, che dovrà essere anticipatamente presentato alla D.L.

Saranno indicate anche le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

5.3 MODALITA' ESECUTIVE

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm, e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostruito a cura e spese dell'Impresa. Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere determinate dalla Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento).

5.4 NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI E DI ACCETTAZIONE

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata)

Il valore del modulo di compressibilità M_d determinato con piastra da 30 cm di diametro (secondo le norme pubblicate sul B.U. del CNR n° 146), nell'intervallo compreso fra 0,15 e 0,25 N/mm², non dovrà essere inferiore ad 100 N/mm².

La portanza dello strato potrà essere rilevata tramite LWD (Light Weight Deflectometer tipo Dynatest) con valori minimi di 50Mpa secondo la procedura prevista dalla norma ASTM E 2583-07.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza di un cm in più o in meno.

Sullo strato di fondazione compattato in conformità delle prescrizioni sopra indicate, è buona norma procedere subito alla esecuzione delle pavimentazioni, senza far trascorrere, tra le due fasi di lavoro un intervallo di tempo troppo lungo che potrebbe recare pregiudizio ai valori di portanza conseguiti dallo strato di fondazione a costipamento ultimato.

Ciò allo scopo di eliminare i fenomeni di allentamento, di asportazione e di disgregazione del materiale fine, interessanti la parte superficiale degli strati di fondazione che non siano adeguatamente protetti dal traffico di cantiere, ovvero dagli agenti atmosferici.

Nel caso in cui non sia possibile procedere immediatamente dopo la stesa dello strato di fondazione alla realizzazione delle pavimentazioni, sarà opportuno procedere alla stesa di una mano di ancoraggio con emulsione acida in quantità pari a 1.5 Kg/m², saturata con graniglia a protezione della superficie superiore dello strato di fondazione oppure eseguire analoghi trattamenti protettivi da sottoporre a preventiva autorizzazione da parte della D.L.

5.5 TOLLERANZE SUI RISULTATI E PENALI

A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo.

La portanza dello strato rilevata tramite LWD (Light Weight Deflectometer tipo Dynatest) non dovrà essere inferiore ai valori di riferimento.

Può essere tollerato uno scostamento da tale valore minimo purché lo scostamento stesso non ecceda il 10%.

Per valori inferiori a tale limite, verrà applicata una detrazione del 2% del prezzo di elenco per ogni punto di carenza al di sotto di tale limite fino ad un valore minimo della portanza pari al 70% di quello di riferimento. Valori inferiori a tale limite, comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per valori del grado di addensamento inferiore a quello di riferimento, verrà applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, pari al 2.5% per ogni 0.5% di grado di addensamento inferiore al 97% fino ad un valore minimo del 93%.

Addensamenti inferiori a tale valore limite, comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'impresa.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

3 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO

3.1 ACCETTAZIONE DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI

I materiali utilizzati dovranno essere preventivamente qualificati in conformità al regolamento sui prodotti da costruzione n°305/2011 (CPR).

Ciascuna fornitura di materiale dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa armonizzata vigente.

Prima dell'inizio lavori, l'Impresa dovrà farsi carico di uno studio di ottimizzazione prodotto da un laboratorio precedentemente autorizzato dalla D.L., comprovante la conformità del prodotto proposto alle specifiche tecniche indicate nel presente capitolato.

La D.L. dovrà approvare tale studio di ottimizzazione e i successivi controlli in corso d'opera faranno riferimento ai parametri in esso contenuti (numero giri di pressa giratoria di riferimento N = N2)

3.2 MATERIALI

3.2.1 Bitumi di base

I bitumi di base sono bitumi semisolidi per uso stradale di normale produzione con le caratteristiche indicate nelle successiva tabella impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi.

Per tutte le lavorazioni andrà sempre impiegato il bitume di tipo "A" salvo casi particolari in cui potrà essere impiegato il bitume "B" sempre su preventiva approvazione della D. L.

Parametri	Norma	Unità misura	Bitume A	Bitume B
Penetrazione	UNI EN 1426	0.1mm	50-70	80-100
Punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	45-55	44-49
Solubilità	UNI EN 12592	%	>99	>99
Punto rottura Fraass	UNI EN 12593	°C	-6	-7
Viscosità dinamica a 160 °C	UNI EN 13302	Pa x s	0.15-0.25	0.05-0.20
Valori dopo RTFOT				
Perdita per riscaldamento a 163°C	UNI EN 12607-1	%	≤ 0.5	≤ 0.8
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	≥ 50	≥ 50
Incremento punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	< 9	< 9

3.2.2 Bitumi modificati

I bitumi di base potranno essere modificati in raffineria, mediante l'aggiunta di polimeri.

In base al grado di modifica, si differenziano:

- Bitumi tipo Soft

- Bitumi tipo Hard

I bitumi dovranno rispettare le caratteristiche riportate nelle tabelle successive e rispondere alle caratteristiche previste dalla norma UNI EN 14023

BITUMI TIPO SOFT UNI EN14023-PmB 45-80/60			
Parametri	Norma	Unità misura	Valori
Penetrazione	UNI EN 1426	0.1mm	50-70
Punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60
Punto rottura Fraass	UNI EN 12593	°C	≤ -12
Ritorno elastico	UNI EN 13398	%	≥ 70
Stabilità stoccaggio a caldo	UNI EN 13399	°C	≤ 3
Viscosità dinamica a 160 °C	UNI EN 13302	Pa xs	0.1-0.3

Coesione a 10°C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥3
Dopo RTFOT			
Perdita per riscaldamento a 163°C	UNI EN 12607-1	%	≤ 0.8
Penetrazione	UNI EN 1426	%	≥ 60
Variazione punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 8

BITUMI TIPO HARD UNI EN 14023-PmB 45-80/70			
Parametri	Norma	Unità misura	Valori
Penetrazione	UNI EN 1426	0.1mm	50-70
Punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 70
Punto rottura Fraass	UNI EN 12693	°C	<-15
Ritorno elastico	UNI EN 13398	%	≥ 80
Stabilità stoccaggio a caldo	UNI EN 13399	°C	≤ 3
Viscosità dinamica a 160 °C	UNI EN 13302	Pa xs	0.3-0.8
Coesione a 10°C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥3
Dopo RTFOT			
Perdita per riscaldamento a 163°C	UNI EN 12607-1	%	≤ 0.8
Penetrazione	UNI EN 1426	%	≥ 60
Variazione punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 8

3.2.3 Emulsioni bituminose

Per la campionatura delle emulsioni bituminose si segue il metodo CNR BU 98/1984.

3.2.4 Emulsioni bituminose cationiche per mano d'attacco

Prima della stesa del conglomerato dovrà essere applicata una mano di attacco costituita da emulsione acida (cationica) al 60% di bitume a rottura rapida. L'emulsione dovrà essere stesa in un velo perfettamente uniforme e continuo, garantendo la completa rottura dell'emulsione e l'evaporazione dell'acqua prima della stesa del conglomerato.

Le emulsioni bituminose impiegate come mano d'attacco, devono rispettare i seguenti requisiti:

LEGANTE			A rapida rottura	A media rottura
Caratteristiche	Norma	Unità misura	Valore	Valore
Contenuto di bitume (residuo di distillazione)	UNI EN 1431	% in peso	> 58 (Classe 5)	> 63 (Classe 7)
Residuo alla setacciatura e stabilità allo stoccaggio	UNI EN 1429	% in peso	≤ 0.5 (Classe 4)	≤ 0.5 (Classe 4)
Tendenza alla sedimentazione	UNI EN 12847	% in peso	≤ 10 (Classe 3)	≤ 10 (Classe 3)

Viscosità (ugello 2mm a 40°C)	EN 12846	s	5-70 (Classe 5)	5-70 (Classe 5)
Carica delle particelle	UNI EN 1430	±	Positiva (Classe 2)	Positiva (Classe 2)

3.2.5 Emulsioni bituminose elastomerica per mano d'attacco

L'emulsione bituminosa elastomerizzata è caratterizzata da temperature di stoccaggio e di applicazione pari rispettivamente a 50 – 55 e 55 – 60 °C; quest'ultima e il bitume componente devono soddisfare i requisiti riportati nelle tabelle seguenti.

Caratteristiche	Norma	Unità misura	Valore C 70 BP 3
Contenuto di legante (residuo di distillazione)	UNI EN 1431	%	≥ 67 (Classe 8)
Residuo alla setacciatura e stabilità allo stoccaggio	UNI EN 1429	%	≤ 0.5 (Classe 4)
Tendenza alla sedimentazione	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Adesività	UNI EN 13614	%	≥ 90 (Classe 3)
Viscosità (Ugello da 4 mm a 40°C)	EN 12846	s	5-70 (Classe 5)

BITUME MODIFICATO (% di modificante(*) = 4 – 6%) PER EMULSIONE BITUMINOSA

Caratteristiche	Norma	Unità	Valore
Penetrazione residuo bituminoso	UNI EN 1426	0,1 mm	< 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60
Coesione a 10°C	UNI EN 13589	J/cm ²	>3
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 70

(*) Si intendono polimeri di natura elastomerica e/o plastomerica (SBS-R, LPDE, EVA,EMA)

Per l'approvvigionamento dell'emulsione bituminosa elastomerizzata deve essere presentata una scheda tecnica attestante le caratteristiche corrispondenti ai requisiti di accettazione sopra indicati.

3.2.6 Attivanti chimici funzionali (ACF)

Dovranno essere sempre utilizzati nelle lavorazioni a caldo in cui si reimpiega materiale fresato.

Essi devono avere caratteristiche tali da migliorare le proprietà di adesione, coesione, viscosità e resistenza all'invecchiamento del legante totale (vecchio + nuovo).

Il dosaggio sarà indicativamente dello 0.2-0.8% in peso rispetto al bitume aggiunto ogni 10% di fresato presente nella miscela legante totale, secondo le indicazioni della DL ed in accordo con i laboratori accreditati. I prodotti dovranno essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano le caratteristiche e modalità di impiego, che potranno essere verificati con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle quantità effettivamente impiegate, vanno fornite alla DL copia delle bolle di consegna

3.2.7 Attivanti l'adesione

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati saranno impiegate sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume - aggregato (agenti tensioattivi di adesività)

Il dosaggio potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, tra il 0,3% ed il 0,6% rispetto al peso del bitume. I dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benessere della D.L.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio nel legante bituminoso.

I prodotti dovranno essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano le caratteristiche e modalità di impiego, che potranno essere verificati con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle quantità effettivamente impiegate, vanno fornite alla DL copia delle bolle di consegna

3.2.8 Fibre per il rinforzo strutturale del bitume

Sono prodotti che migliorano le caratteristiche strutturali del legante, aumentando i valori di resistenza a trazione e diminuendo la suscettibilità termica.

Vanno utilizzate obbligatoriamente nei conglomerati bituminosi drenanti, per aumentare la stabilità nel tempo.

L'elemento fibroso rinforzante può essere di natura minerale (vetro) o sintetica (fibre acriliche); si possono utilizzare anche soluzioni miste tramite l'aggiunta di prodotti cellulosici o anche polimerici.

La percentuale di impiego delle fibre è indicativamente dello 0.05-0.5% in peso sugli aggregati a seconda della tipologia di miscela impiegata (% di elemento rinforzante contenuto nella miscela).

Le fibre e le loro miscele dovranno avere caratteristiche tali da disperdersi in modo capillare nel conglomerato; l'impiego richiede l'utilizzo di appositi macchinari per la corretta dosatura, disgregazione e dispersione nel conglomerato.

La validità delle fibre, potrà essere verificata con le prove prestazionali del legante ottenuto operando con la stessa miscela di inerti e misurando la resistenza alla trazione indiretta su provini realizzati con e senza fibra.

3.3 MODALITA' ESECUTIVE

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto e garantire la uniformità della produzione.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 170° e 180° C e quella del legante tra 170°C e 180 °C salvo diverse disposizioni della D.L. in rapporto al tipo di bitume impiegato e allo studio di caratterizzazione del bitume fornito dall'impresa ed in particolare dello studio della viscosità del bitume al variare della temperatura.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

Il trasporto dovrà essere eseguito con mezzi dotati di copertura al fine di limitare il raffreddamento del conglomerato durante il trasporto e l'attesa in cantiere. Non dovranno essere utilizzati prodotti idrocarburici per la pulizia del fondo del cassone; nel caso si verificasse tale evenienza il materiale dovrà essere allontanato dal cantiere compreso quello già steso.

Prima della stesa, sul sottostante strato bituminoso e su tutti i giunti verticali, dovrà essere stesa una mano di attacco con emulsione bituminosa acida in ragione di 0.6-0.7 Kg/m². Si potrà procedere con il nuovo strato, dopo che il bitume nell'emulsione bituminosa, avrà fatto presa.

Dopo la presa del bitume, sull'emulsione dovrà essere steso una mano di filler per evitare che al successivo passaggio dei mezzi, il bitume si attacchi alle ruote.

Qualora richiesto dal progetto (o dalla D.L.) la mano di attacco dovrà essere realizzata mediante spruzzatura di emulsione bituminosa elastomerizzata, spruzzata in ragione di circa 0.8-0.9 Kg/m² (1-1.2 Kg/m² su superfici fresate o comunque a macro-rugosità grossa o molto grossa).

Il piano di posa dovrà essere continuo e regolare, senza alcuna interruzione al deflusso superficiale.

La segnaletica andrà rimossa mediante bocciardatura leggera e non con fresature che solcando il piano di appoggio, determinano un ristagno di acqua sotto il tappeto.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi dovrà essere effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza, dotate di automatismi di autolivellamento.

Indicativamente la velocità di avanzamento della finitrice dovrà essere di 4-5 m/min

Le vibrofinitrici dovranno lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi drenanti, dovrà essere effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dotate di automatismi di autolivellamento, con una larghezza di stesa fino a m 8.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre con taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

Il giunto iniziale della tratta stesa dovrà essere azzerato mediante la fresatura della pavimentazione esistente.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

I giunti sia trasversali che longitudinali dovranno essere opportunamente sigillati mediante emulsione bituminosa e sabbia.

Alla stesa dovrà essere rilevata in continuo la temperatura di compattazione della miscela, che dovrà risultare sostanzialmente omogenea su tutta la larghezza della stesa.

Se la temperatura di stesa dovesse risultare inferiore a 150°C (salvo diverse disposizioni della D.L. in rapporto al bitume impiegato), non sarà possibile stendere il conglomerato che dovrà essere allontanato dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro e in ogni caso si dovrà sospendere in caso di pioggia e qualora la temperatura scenda al di sotto di 10°C

Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

Eventuali blocchi o parti di crostoni costituiti da materiale raffreddato o comunque non uniforme, dovranno essere rigorosamente rimossi prima della compattazione.

Davanti alla finitrice non dovranno essere presenti cumuli o blocchi di materiale freddo o comunque sporco. Si dovrà evitare di pulire i cassoni davanti alla finitrice se tale materiale ha poi la possibilità di raffreddarsi; nel caso succedesse, il materiale dovrà essere asportato.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla finitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento dovrà essere realizzato con rulli lisci vibranti di peso adeguato in funzione dello spessore dello strato. Nel caso di strati di elevato spessore, per garantire l'addensamento dovranno essere utilizzati anche rulli gommati di peso idoneo. Per gli strati di usura si dovranno usare rulli statici o dotati di moto oscillatorio.

Al termine della compattazione gli strati dovranno avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore alla densità raggiunta dai provini addensati con pressa giratoria al numero di giri N2 risultante dallo studio di approvazione della miscela.

La superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni.

L'accettazione delle regolarità e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avverrà secondo quanto prescritto nei paragrafi successivi.

3.4 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

In fase di stesa, potranno essere effettuati i seguenti controlli, mediante prelievo di materiale all'impianto di produzione e/o direttamente in cantiere prima della messa in opera:

- granulometria e % di frantumazione degli aggregati
- contenuto % di bitume e caratteristiche chimico-fisiche del bitume.
- natura e percentuali litologiche dell'aggregato grosso

Le tolleranze accettate sono indicate nell'apposito paragrafo.

3.5 CONTROLLI POST STESA

I controlli effettuati successivamente alla stesa, dipenderanno dalla tipologia dello strato da controllare.

Nel caso di base e binder, i controlli potranno essere i seguenti:

- Spessore
- Resistenza a trazione indiretta
- contenuto % di bitume e caratteristiche chimico fisiche del bitume estratto
- indice dei vuoti

Nel caso di strato di usura:

- spessore
- resistenza a trazione indiretta
- contenuto % di bitume e caratteristiche chimico fisiche del bitume estratto
- indice dei vuoti
- aderenza e tessitura
- regolarità
- permeabilità (nel caso di tappeto drenante)

Le specifiche per la valutazione e le prestazioni richieste, sono di seguito indicate:

Spessore degli strati

Lo spessore della pavimentazione dovrà rispondere allo spessore di progetto. Esso verrà determinato su carote prelevate a questo fine. Su tali carote, prelevate casualmente dalla D.L. ed eventualmente in contraddittorio con l'Impresa, dovranno essere effettuate misure eseguite con le modalità qui di seguito descritte.

Per le carote da 100 o da 150 mm vengono effettuate 6 misure in corrispondenza degli estremi dei diametri presi ogni 60°. Dalla media M di tali misure si ricaverà il valore dello spessore della pavimentazione.

Resistenza a trazione indiretta

Dai provini ricavati dalle carote, verrà misurata la trazione indiretta secondo le norme utilizzate per la miscela di progetto. I valori di riferimento sono quelli indicati nello studio di ottimizzazione delle specifiche miscele.

Contenuto % di bitume

Sulle carote dovrà essere misurato il contenuto di bitume e sul bitume estratto dovranno essere misurati:

- Penetrazione

- Palla anello
- Viscosità a 160°C
- Ritorno elastico

Indice dei vuoti

L'indice dei vuoti dovrà essere compreso nei limiti previsti dal capitolato. Il grado di addensamento non dovrà essere inferiore a quello corrispondente al numero di giri N2 della pressa giratoria.

Aderenza e tessitura

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale CAT verrà misurato con l'apparecchiatura SCRIM (Sideway Coefficient Routine Investigation Machine), SUMMS (Survey Machine for Macrotexture and Skid) o ERMES (Equipment for Routine evaluation of Macrotexture, Evenness and Skid resistance) che è in grado di rilevare oltre alla aderenza trasversale e la tessitura, anche la regolarità, secondo la norma CNR B.U. n147 del 14/12/92

La tessitura geometrica HS intesa come macrostruttura superficiale, verrà misurata in termini di MPD (Mean Profile Depth) ed espressa in mm con l'apparecchiatura SCRIM, SUMMS o ERMES, secondo la norma UNI EN ISO 13473-1.

Dal valore di MPD si può risalire all'ETD (Estimated Texture Depth), mediante la relazione:

$$ETD \text{ (mm)} = 0.2 + 0.8 \text{ MPD (mm)}$$

Il valore di ETD è direttamente correlato con il valore di tessitura HS determinato con il metodo volumetrico.

Gli indicatori CAT e HS dovranno essere superiori o uguali ai seguenti valori:

- | | | |
|------------------------|----------|-------------|
| • Usura SMA e Drenante | CAT > 58 | HS > 0.8 mm |
|------------------------|----------|-------------|

Le misure di CAT e HS dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dell'apertura al traffico, ad eccezione dei conglomerati bituminosi drenanti ad elevata rugosità superficiale, per i quali le misure dovranno essere effettuate tra il 60° e il 270° giorno dell'apertura al traffico, mentre le irradiazioni meccaniche di irruvidimento (pallinatura) andranno valutate entro il 60° giorno dall'intervento.

Le misure di CAT e HS dovranno essere effettuate con velocità di rilievo mantenute il più possibile costante e pari a 60 +/- 5 Km/h.

Le misure di CAT e HS dovranno essere restituite con un passo di misura di 10m e quindi analizzate per tratte omogenee.

Prima di detta analisi i valori di CAT dovranno essere riportati alla temperatura di riferimento (20°C); l'operazione si effettuerà secondo la formula correttiva elaborata da TRRI; non sono invece previste correzioni per HS.

Per tratta omogenea si intende quel tratto di pavimentazione i cui valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio; l'analisi di calcolo sarà condotta con apposito programma.

I valori medi di CAT e HS ricavati per ciascuna tratta omogenea, dovranno essere maggiori o uguali alle prescrizioni riportate.

Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato CAT e HS su due lati della corsia in esame, è facoltà della DL analizzare entrambe e prendere in considerazione i valori medi di CAT e HS relativi alle tratte omogenee in condizioni peggiori. Detta misurazione valuterà comunque l'intera lunghezza dell'intervento

Regolarità

I valori di regolarità, costituiscono il dato prestazionale superficiale insieme alla aderenza e tessitura.

La regolarità della superficie di rotolamento, può essere misurata con apparecchiature ad alto rendimento, dotato di profilometro laser tipo inerziale di classe 1 secondo ASTM E 950-98 (2004) e calcolato attraverso

l'indice IRI (International Roughness Index) come definito dalla World Bank nel 1986- The International Road Roughness Experiment.

Può essere misurata con l'ERMES oppure con l'ARAN (Automatic Road Analyser). La prova viene effettuata in continuo ad una velocità di 80-100 Km/h senza che avvenga il contatto diretto con la strada.

L'ARAN oltre all'IRI è in grado di rilevare anche il profilo longitudinale, quello trasversale e altri parametri caratteristici del tracciato, come posizione di viadotti, svincoli ecc.

L'indicatore IRI, dovrà essere inferiore o uguale ai seguenti valori:

- IRI < 2.0 mm/m (su viadotti in presenza di giunti, si può ammettere valori di IRI fino a 2.5mm/m)

Le misure di regolarità dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra la stesa e il 180° giorno dall'apertura al traffico. La velocità di rilievo, dovrà essere mantenuta quanto più possibile costante e non dovrà scendere sotto i 25 Km/h.

Le misure di IRI dovranno essere restituite con un passo di misura di 10m e quindi analizzate per tratte omogenee.

I valori medi di IRI ricavati per ciascuna Tratta Omogenea dovranno risultare minori o uguali alle prescrizioni riportate.

Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato l'IRI sui due lati della corsia in esame, è facoltà della DL analizzare entrambe le serie e prendere in considerazione i valori medi di IRI relativi alle Tratte Omogenee in condizioni peggiori. Detta misurazione valuterà comunque l'intera larghezza dell'intervento.

Permeabilità

La capacità drenante eseguita in sito e misurata con permeametro a colonna d'acqua di 250 mm su un'area di 154 cm² e uno spessore di pavimentazione di cm 3.0 dovrà essere maggiore di 10 l/m.

3.6 LIMITI DI ACCETTAZIONE E PENALI

Eventuali deficienze riscontrate nelle caratteristiche dei materiali impiegati, potranno essere considerate, a giudizio della Direzione Lavori, accettabili sotto penale entro determinati limiti, ovvero non accettabili.

I materiali non accettabili sulla base dei controlli in corso d'opera, anche se definitivamente posti in opera, dovranno essere completamente rimossi e sostituiti con altri di caratteristiche accettabili, a totale onere dell'Impresa.

L'accettazione penalizzata potrà comunque essere applicata esclusivamente nei casi e nei limiti sotto specificati.

Tutte le detrazioni definite di seguito sono cumulabili.

Nel caso in cui l'ammontare complessivo delle detrazioni eguagli o superi il 50% del relativo prezzo di elenco, è facoltà dell'Amministrazione appaltante ordinare la rimozione o il rifacimento delle opere realizzate, a totale cura e spese dell'Impresa e fatta salva l'eventuale richiesta di risarcimento per danni.

Posainoperadellamiscela

La messa in opera di strati ammalorati, che presentano ad esempio: anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, giunti longitudinali o trasversali di ripresa male eseguiti, aperti o sgranati, comporterà in aggiunta alla rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa, l'applicazione di una penale pari al 5% del costo dello strato. Tale costo verrà determinato partendo dalla larghezza complessiva dello strato e dalla lunghezza della tratta messa in opera nella giornata in cui è stato steso il conglomerato che presenta compromissioni, con detrazioni proporzionale alla diffusione dei difetti.

Per la valutazione delle penali, la D.L. terrà presente le segnalazioni dell'Impresa relative ad eventi particolari, non riconducibili a responsabilità dell'impresa, che hanno condizionato la buona riuscita della specifica lavorazione (incidenti, code ecc)

Aggregati

Alla curva granulometrica delle singole percentuali, non saranno ammesse variazioni del contenuto di aggregato grosso di +/- 3 % e non saranno ammesse variazioni del contenuto di sabbia (per sabbia si intende il passante al setaccio UNI 2 mm) di +/- 2 %; per il passante al setaccio UNI 0,063 mm di +/- 1,5%

Superati tali limiti l'Impresa dovrà procedere al rifacimento del lavoro a propria cura e spesa.

E' comunque esclusiva discrezione della Direzione Lavori, se le variazioni rientrassero nei limiti dei fusi di progetto, l'accettazione del materiale con applicazione a titolo di penale di una riduzione del 2 % al prezzo unitario, della miscela di conglomerato bituminoso previsto nel prezziario, per ogni classe di aggregati errati (filler, aggregato fino e aggregato grosso).

Per le caratteristiche di resistenza meccanica degli aggregati grossi potrà essere accettata una variazione fino al 5% in più del valore di accettazione del coefficiente Los Angeles.

Per valori eccedenti il campo di accettazione, la relativa penalizzazione consisterà nella detrazione, per impiego di materiali di categoria inferiore, che verrà determinata con la seguente relazione:

$$D1 = (P.E.) \times 5 \times (L.A.\% - B\%)$$

essendo:

- D1 = detrazione in €;
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara (€)
- L.A.% = coefficiente Los Angeles determinato in laboratorio e i cui limiti di accettazione massimi sono 20,5% nel caso dell'usura
- B% = Valore L.A. richiesto da capitolato

I materiali che sulla base dei controlli in corso d'opera superino i limiti indicati , anche se definitivamente posti in opera, dovranno essere completamente rimossi e sostituiti con altri di caratteristiche accettabili, a totale onere dell'Impresa.

Dosaggi di Bitume

La quantità di bitume contenuta nell'impasto, risultante quale media di un insieme di determinazioni effettuate su una singola corsia o tratta, non dovrà scostarsi più di 0,25 in più o in meno rispetto alla % ottima prevista dall'Impresa e approvata dalla Direzione Lavori.

Qualora lo scostamento sia maggiore e sino al 10%, verrà applicata a titolo di penale una riduzione sul prezzo del conglomerato bituminoso calcolato in base alla seguente relazione:

$$D = (P.E.) \times (Bs - B)$$

essendo:

- D = detrazione in Euro
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara (€)
- Bs = % di bitume ottimale indicato nel mix approvato dalla D.L.
- B = % di bitume riscontrata nel materiale messo in opera

L'applicazione di questa clausola non esclude quelle previste in altri articoli.

Se il dosaggio medio del bitume si scosta oltre il 10% in più o in meno rispetto alla percentuale ottima, l'Impresa dovrà procedere al rifacimento del lavoro a propria cura e spesa.

Spessoredeglistrat

La media per corsia e per singola tratta dei controlli effettuati dovrà dare uno spessore non inferiore al 95% del teorico.

Qualora si riscontri una percentuale inferiore, fino ad un minimo del 75%, a insindacabile giudizio della D.L. potrà essere applicata una penale al prezzo unitario.

La relativa penalizzazione verrà determinata dalla seguente relazione:

$$D = (P.E.) \times 1.5 \times (100 - S \text{ sito})$$

- D = detrazione in Euro
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara (€)
- 1.5 = coefficiente correttivo;
- S sito = spessore percentuale misurato in sito riferito allo spessore di progetto (%)
- 100 = percentuale corrispondente allo spessore di progetto (%)

Se lo spessore medio sopra definito risulta inferiore al 75% del teorico, l'Impresa dovrà immediatamente provvedere al rifacimento della tratta interessata.

Qualora lo spessore risulti maggiore del previsto oltre il 25%, la D.L. potrà accettare a proprio giudizio il lavoro senza corrispondere all'Impresa nessuna maggiorazione di prezzo o richiederne il rifacimento.

Addensamento (può essere applicata in alternativa all'indice dei vuoti)

L'addensamento misurato sulla carota del materiale messo in opera, non dovrà essere inferiore al 98% del mix approvato dalla D.L. ad un numero di giri N2 della pressa giratoria.

E' comunque esclusiva discrezione della D.L. l'accettazione, con l'applicazione di una penale, del materiale messo in opera con un addensamento inferiore, fino ad un limite del 95% dell'addensamento di riferimento.

La relativa penalizzazione verrà determinata dalla seguente relazione:

$$D = (P.E.) \times 5 \times (100 - A \text{ sito})$$

essendo:

- D = detrazione in Euro
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara (€)
- A sito = percentuale di addensamento riscontrato in sito rispetto a quello del mix approvato (%)
- 100 = percentuale di addensamento di riferimento (mix approvato dalla D.L.)%

Indice dei vuoti (può essere applicata in alternativa all'addensamento)

Per quanto riguarda i vuoti residui, non potranno essere accettati valori eccedenti i limiti indicati nel CSA in corrispondenza al numero N2 della pressa giratoria.

E' comunque esclusiva discrezione della Direzione Lavori l'accettazione, con applicazione di una penale, fino ad una eccedenza del 20% della percentuale dei vuoti residui rispetto ai limiti di capitolato.

La relativa penalizzazione verrà determinata dalla seguente relazione:

$$D = (P.E.) \times 15 \times (Vv\% - Vlim\%)$$

essendo:

- D = detrazione in Euro
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara (€)
- Vv = volume dei vuoti misurato sulla carota (%)
- Vlim = volume limite dei vuoti indicati nel CSA in corrispondenza numero giri N2 (%)

Resistenza a trazione indiretta

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza meccanica dei conglomerati, verrà presa in considerazione la resistenza a trazione indiretta ricavata dalle carote effettuate; per tali valori potrà essere accettata una variazione in meno fino al 5% dei rispettivi valori di accettazione.

Per valori eccedenti il campo di accettazione, la relativa penalizzazione consisterà nella detrazione, per minore durata della pavimentazione, che verrà determinata con la seguente relazione:

$$D2 = (P.E.) \times (C - R_t) / 0.15$$

essendo:

- D2 = detrazione in €;
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara(€)
- R_t = resistenza trazione indiretta misurata (Mpa)
- C = coefficiente che assume il valore: C = minimo valore di ITS indicato nelle specifiche del materiale in oggetto, espresso in Mpa.

Aderenzaetessitura

Le detrazioni saranno applicate per tratti omogenei, quando i valori medi di CAT e HS del tratto omogenea risultino più bassi dei valori prescritti; qualora i valori medi di CAT e HS risultano ambedue deficitari, la penalità sarà cumulata.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dei lavori del materiale coinvolto (conglomerato su cui avviene il transito); detti punti corrisponderanno alla metà dei punti percentuali per cui il CAT o l'HS differisce in diminuzione rispetto ai valori limiti prescritti (esemplificando se la differenza è del 6% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 3%).

La detrazione riguarderà l'intera larghezza dello strato più superficiale per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce, fino al raggiungimento alla soglia di inaccettabilità appresso specificata:

- | | | |
|------------------------|----------|----------|
| • Usura SMA e drenante | CAT = 45 | HS = 0.6 |
|------------------------|----------|----------|

Se i valori medi di CAT e HS risultano inferiori ai valori ritenuti inaccettabili, si dovrà procedere, a completa cura e spesa dell'Appaltatore, all'asportazione completa con fresa ed al rifacimento dello strato superficiale per tutta la larghezza dell'intervento.

Regolarità

Le detrazioni saranno applicate per tratti omogenei, quando i valori medi di IRI del tratto omogeneo, risultino più alti dei valori prescritti.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dei lavori del materiale coinvolto (materiale su cui avviene il rotolamento o trattamento); detti punti corrisponderanno ad un terzo dei punti percentuali per cui l'IRI differisce in aumento rispetto ai valori limiti prescritti (esemplificando se la differenza è del 18% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 6%).

La detrazione riguarderà l'intera larghezza dello strato più superficiale per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce fino al raggiungimento di un valore limite: IRI= 3 mm/m

Se il valore medio di IRI risulta maggiore di detto valore limite, la DL anche tenendo conto dell'effettiva estensione e della distribuzione di tali tratte, potrà richiedere a completa cura e spese dell'Appaltatore, l'asportazione completa con fresa dello strato di usura e suo rifacimento.

4 STRATO DI BASE

4.1 PREMESSA

In questo strato può essere previsto l'impiego di fresato nella percentuale massima del 30%, unitamente all'uso di rigeneranti nelle quantità previste dal CSA.

In caso di impiego di fresato l'impresa dovrà fornire una completa caratterizzazione del materiale che intende utilizzare (come minimo analisi granulometrica del fresato tal quale [curva nera], analisi granulometrica del fresato dopo estrazione del bitume [curva bianca], quantitativo di bitume del fresato e caratterizzazione del bitume estratto dal fresato).

L'impresa dovrà poi concordare con la Direzione Lavori un piano di controllo in cui il fresato via via impiegato verrà confrontato con la caratterizzazione fornita.

4.2 AGGREGATO GROSSO

La percentuale di inerti frantumati dovrà essere del 100%.

La D.L. potrà autorizzare l'uso di inerti provenienti dalle fresature di strati superficiali della pavimentazione autostradale oppure aggregati di altra provenienza.

La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2) dovrà essere inferiore od uguale al 25% in peso (LA_{25}).

L'indice di forma SI (UNI EN 933-4) e di appiattimento FI (UNI EN 933-3) dovranno essere inferiori od uguali a 15.

La resistenza al gelo disgelo (UNI EN 1367-1) dovrà essere $\leq 2\%$ (F1).

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): $<5\%$.

4.3 AGGREGATO FINO

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito da sabbie di frantumazione e da sabbie naturali di fiume. La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione sarà prescritta di volta in volta dalla D.L. e comunque non dovrà essere inferiore al 70 % della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova "Los Angeles" (UNI EN 1097-2) eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore od uguale a 80. Nel caso di impiego di sabbie frantumate non lavate l'equivalente in sabbia dovrà essere ≥ 55 .

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): $<5\%$

4.4 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- potere rigidificante: (con un rapporto filler/ bitume pari a 1,5) il Δ PA dovrà essere $\geq 5^\circ \text{C}$ (UNI EN 13179)
- vuoti Ridgen valore compreso fra 30 e 45, UNI EN 1097-4
- i passanti in peso dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI 0,40 mm	Passante in peso per via umida 100%
Setaccio UNI 0,18 mm	Passante in peso per via umida 90%
Setaccio UNI 0,075 mm	Passante in peso per via umida 80%

- indice di plasticità deve risultare non plastico

4.5 MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa nei sotto indicati intervalli:

SETACCI	PASSANTE %
31.5	100
20	73-100
16	60-94
12.5	49-87
8	38-73
4	27-56
2	17-40
1	12-31
0.5	7-22
0.25	5-16
0.063	3-8

4.5.1 Bitume

Bitume 3.5-4.5% del tipo descritto nei paragrafi precedenti secondo le indicazioni del progetto.

4.6 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Le miscele devono essere ottimizzate mediante pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31, con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale KPa	600 +/- 3
Angolo di rotazione	1.25 +/- 0.02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

La verifica della % dei vuoti, dovrà essere fatta a tre livelli di N° di giri, variabili a seconda del tipo di bitume.

Numero giri N	Bitume normale	Bitume mod. soft	Bitume mod. hard	% vuoti (UNI EN 12697-8)
N1	10	10	10	11-15
N2	100	110	120	3-6
N3	160	190	200	>2

Le miscele dello studio, compattate con il numero di giri N2, testate a trazione indiretta alla temperatura di 25°C dovranno fornire i seguenti valori:

Norma UNI EN 12697-23	Miscele con bitume normale	Miscele con bitume modifica soft e hard
ITS (Mpa)	> 0.72	> 0.95

Della stessa miscela dovrà essere valutata la sensibilità all'acqua attraverso la misura della trazione indiretta (ITSR) su provini condizionati in acqua rispetto ad analoghi provini condizionati all'aria (Norma UNI EN 12697-12). Il valore ITSR, dovrà soddisfare ai seguenti requisiti:

Norma UNI EN 12697-12	Miscele con bitume normale	Miscele con bitume modifica soft e hard
ITSR (Mpa)	ITSR/ITS > 70%	ITSR/ITS > 80%

Dall'impasto aggregati - bitume con cui è stato effettuato lo studio di ottimizzazione, dovrà essere fatta l'estrazione del bitume. Sul bitume estratto, dovranno essere misurate:

- Penetrazione con ago
- Punto di rammollimento
- Viscosità a 160°C

5 STRATO DI BASE AD ALTO MODULO

5.1 PREMESSA

Nella preparazione dei conglomerati ad alto modulo, non è ammesso l'utilizzo di fresato.

La compattazione dovrà essere realizzata con rulli gommati di peso non inferiore a 21t: i rulli tandem, di peso non inferiore alle 10t, dovranno essere utilizzati solo per le finiture superficiali e per i giunti.

5.2 AGGREGATO GROSSO

La percentuale di inerti frantumati dovrà essere del 100%.

La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2) dovrà essere inferiore od uguale al 25% in peso (LA_{25})

L'indice di forma SI (UNI EN 933-4) dovrà essere inferiore a 15 e di appiattimento FI (UNI EN 933-3) dovrà essere inferiore o uguali a 10.

Lo spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): <5%

La resistenza al gelo disgelo (UNI EN 1367-1) dovrà essere $\leq 2\%$ (F1).

5.3 AGGREGATO FINO

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito da sabbie di frantumazione e da sabbie naturali di fiume. La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione sarà prescritta di volta in volta dalla D.L. e comunque non dovrà essere inferiore al 70 % della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova "Los Angeles" (UNI EN 1097-2) eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore od uguale a 80. Nel caso di impiego di sabbie frantumate non lavate l'equivalente in sabbia dovrà essere ≥ 55 .

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): <5%

5.4 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- potere rigidificante: (con un rapporto filler/ bitume pari a 1,5) il ΔPA dovrà essere $\geq 5^\circ C$ (UNI EN 13179)
- vuoti Ridgen valore compreso fra 30 e 45, UNI EN 1097-4
- i passanti in peso dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI 0,40 mm	Passante in peso per via umida 100%
Setaccio UNI 0,18 mm	Passante in peso per via umida 90%
Setaccio UNI 0,075 mm	Passante in peso per via umida 80%

- della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio UNI 0,075 mm più del 60% deve passare a tale setaccio anche a secco.
- l'indice di plasticità deve risultare non plastico

5.5 MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa nei sotto indicati intervalli:

SETACCI	PASSANTE %
31.5	100
20	90-100
16	80-95
12.5	62-90
8	45-68
4	32-50
2	20-36
1	16-29
0.5	13-22
0.25	10-17
0.063	6-12

5.5.1 Bitume

Bitume 3.5-4.5% del tipo alto modulo, conforme ai seguenti parametri:

Parametro	Norma riferimento	Unità di misura	Valore
Penetrazione a 25°C	EN 1426	0.1mm	25-55
Punto di rammollimento	EN 1427	°C	>75
Punto di rottura Fraass	EN 12593	°C	< -15
Ritorno elastico a 25°C	EN 13398	%	> 80
Viscosità dinamica a 160°C	EN 13302	Pa x s	> 0.6
Coesione a 10°C	EN 13589	J/cm²	> 3
Stabilità allo stoccaggio	EN 13399	°C	< 5
		0.1mm	< 9
VALORI DOPO RTFOT (UNI EN 12607-1)			
Penetrazione residua		%	> 60
Variazione punto di rammollimento		°C	< 8

5.6 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Le miscele devono essere ottimizzate mediante pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31, con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale KPa	600 +/- 3
Angolo di rotazione	1.25 +/- 0.02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

La verifica della % dei vuoti, dovrà essere fatta a tre livelli di N° di giri:

Numero giri N	% vuoti (UNI EN 12697-8)
N1=10	11-15
N2=120	3-6
N3=200	>2

Le miscele dello studio, compattate con il numero di giri N2, testate a trazione indiretta alla temperatura di 25 °C dovranno fornire i seguenti valori:

Norma UNI EN 12697-23	Resistenza a trazione indiretta
ITS (Mpa)	> 1.2

Della stessa miscela dovrà essere valutata la sensibilità all'acqua attraverso la misura della trazione indiretta (ITSR) su provini condizionati in acqua rispetto ad analoghi provini condizionati all'aria (Norma UNI EN 12697-12). Il valore ITSR, dovrà soddisfare ai seguenti requisiti:

Norma UNI EN 12697-12	Resistenza a trazione indiretta
ITSR (Mpa)	ITSR/ITS > 80%

Dall'impasto aggregati - bitume con cui è stato effettuato lo studio di ottimizzazione, dovrà essere fatta l'estrazione del bitume. Sul bitume estratto, dovranno essere misurate:

- Penetrazione con ago
- Punto di rammollimento
- Viscosità a 160°C

6 STRATO DI BINDER

6.1 PREMESSA

In questo strato può essere previsto l'impiego di fresato nella percentuale massima del 25%, unitamente all'uso di rigeneranti nelle quantità previste dal CSA.

In caso di impiego di fresato l'impresa dovrà fornire una completa caratterizzazione del materiale che intende utilizzare (come minimo analisi granulometrica del fresato tal quale [curva nera], analisi granulometrica del fresato dopo estrazione del bitume [curva bianca], quantitativo di bitume del fresato e caratterizzazione del bitume estratto dal fresato).

L'impresa dovrà poi concordare con la Direzione Lavori un piano di controllo in cui il fresato via via impiegato verrà confrontato con la caratterizzazione fornita.

6.2 AGGREGATO GROSSO

Per questo strato potranno essere impiegate graniglie ricavate dalla frantumazione delle ghiaie, con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2) inferiore od uguale al 25% (LA₂₅).

La D.L. potrà autorizzare l'uso di inerti provenienti dalle fresature di strati superficiali della pavimentazione autostradale oppure aggregati di altra provenienza.

La percentuale del frantumato dovrà essere del 100%.

La porosità (CNR B.U. n. 65 del 18.05.1978) dovrà essere $\leq 1,5$ %.

L'indice di forma SI (UNI EN 933-4) e di appiattimento FI (UNI EN 933-3) dovranno essere inferiori od uguali a 15.

La resistenza al gelo disgelo (UNI EN 1367-1) dovrà essere $\leq 1\%$ (F1).

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): $<5\%$

6.3 AGGREGATO FINO

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito da sabbie di frantumazione e da sabbie naturali di fiume. La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione sarà prescritta di volta in volta dalla D.L. e comunque non dovrà essere inferiore al 70 % della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova "Los Angeles" (UNI EN 1097-2) eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore od uguale a 80. Nel caso di impiego di sabbie frantumate non lavate l'equivalente in sabbia dovrà essere ≥ 55 .

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): $<5\%$

6.4 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- potere rigidificante: (con un rapporto filler/ bitume pari a 1,5) il Δ PA dovrà essere $\geq 5^\circ \text{C}$ (UNI EN 13179)
- vuoti Ridgen valore compreso fra 30 e 45, UNI EN 1097-4
- i passanti in peso dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI 0,40 mm	Passante in peso per via umida 100%
Setaccio UNI 0,18 mm	Passante in peso per via umida 90%
Setaccio UNI 0,075 mm	Passante in peso per via umida 80%

- della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio UNI 0,075 mm più del 60% deve passare a tale setaccio anche a secco.
- l'indice di plasticità deve risultare non plastico

6.5 MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa nei sottoindicati intervalli:

SETACCI	PASSANTE %
31.5	100
20	90-100
16	75-100
12.5	61-90
8	48-71
4	30-54

2	20-40
1	14-30
0.5	8-22
0.25	5-16
0.063	4-8

6.5.1 Bitume

Bitume 4-5.5% del tipo descritto nei paragrafi precedenti e indicati nel progetto.

6.6 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Le miscele devono essere ottimizzate mediante pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31, con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale KPa	600 +/- 3
Angolo di rotazione	1.25 +/- 0.02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

La verifica della % dei vuoti, dovrà essere fatta a tre livelli di N0 di giri, variabili a seconda del tipo di bitume.

Numero giri N	Bitume normale	Bitume mod. soft	Bitume mod. hard	% vuoti (UNI EN 12697-8)
N1	10	10	10	11-15
N2	100	110	120	3-6

N3	160	190	200	>2
----	-----	-----	-----	----

Le miscele dello studio, compattate con il numero di giri N2, testate a trazione indiretta alla temperatura di 25°C dovranno fornire i seguenti valori:

Norma UNI EN 12697-23	Miscele con bitume normale	Miscele con bitume modifica soft e hard
ITS (Mpa)	> 0.72	> 0.95

Della stessa miscela dovrà essere valutata la sensibilità all'acqua attraverso la misura della trazione indiretta (ITSR) su provini condizionati in acqua rispetto ad analoghi provini condizionati all'aria (Norma UNI EN 12697-12. Il valore ITSR, dovrà soddisfare ai seguenti requisiti:

Norma UNI EN 12697-12	Miscele con bitume normale	Miscele con bitume modifica soft e hard
ITSR (Mpa)	ITSR/ITS > 70%	ITSR/ITS > 80%

Dall'impasto aggregati - bitume con cui è stato effettuato lo studio di ottimizzazione, dovrà essere fatta l'estrazione del bitume. Sul bitume estratto, dovranno essere misurate:

- Penetrazione con ago
- Punto di rammollimento
- Viscosità a 160°C

7 STRATO DI BINDER AD ALTO MODULO

7.1 PREMESSA

Nella preparazione dei conglomerati ad alto modulo, non è ammesso l'utilizzo di fresato.

La compattazione dovrà essere realizzata con rulli gommati di peso non inferiore a 21t: i rulli tandem, di peso non inferiore alle 10t, dovranno essere utilizzati solo per le finiture superficiali e per i giunti.

7.2 AGGREGATO GROSSO

Per questo strato potranno essere impiegate graniglie ricavate dalla frantumazione delle ghiaie, con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2) inferiore od uguale al 25% (LA_{25})

La quantità del frantumato dovrà essere del 100%.

L'indice di forma SI (UNI EN 933-4) dovrà essere inferiore a 15 e di appiattimento FI (UNI EN 933-3) dovrà essere inferiore o uguale a 10.

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): <5%

La resistenza al gelo disgelo (UNI EN 1367-1) dovrà essere $\leq 1\%$ (F1).

7.3 AGGREGATO FINO

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito da sabbie di frantumazione.

In ogni caso le rocce e gli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova "Los Angeles" (UNI EN 1097-2) eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore od uguale a 80. Nel caso di impiego di sabbie frantumate non lavate l'equivalente in sabbia dovrà essere ≥ 55 .

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): <5%

7.4 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- potere rigidificante: (con un rapporto filler/ bitume pari a 1,5) il ΔPA dovrà essere $\geq 5^\circ C$ (UNI EN 13179)
- vuoti Ridgen valore compreso fra 30 e 45, UNI EN 1097-4
- i passanti in peso dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI 0,40 mm	Passante in peso per via umida 100%
Setaccio UNI 0,18 mm	Passante in peso per via umida 90%
Setaccio UNI 0,075 mm	Passante in peso per via umida 80%

- della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio UNI 0,075 mm più del 60% deve passare a tale setaccio anche a secco.
- l'indice di plasticità deve risultare non plastico

7.5 MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa nei sotto indicati intervalli:

SETACCI	PASSANTE %
31.5	100
20	100-100
16	83-100
12.5	72-92
8	56-77
4	37-57
2	27-40
1	20-33
0.5	14-26
0.25	10-19
0.063	6-12

7.5.1 Bitume

Bitume 4,0 % - 5,5 % corrispondente ai seguenti parametri:

Parametro	Norma riferimento	Unità di misura	Valore
Penetrazione a 25°C	EN 1426	0.1mm	25-55
Punto di rammollimento	EN 1427	°C	>75
Punto di rottura Fraass	EN 12593	°C	< -15
Ritorno elastico a 25°C	EN 13398	%	>80
Viscosità dinamica a 160 °C	EN 13302	Pa x s	>0.6
Coesione a 10°C	EN 13589	J/cm ²	>3
Stabilità allo stoccaggio	EN 13399	°C 0.1mm	<5 <9
VALORI DOPO RTFOT (UNI EN 12607-1)			
Penetrazione residua		%	>60
Variazione punto di rammollimento		°C	<8

7.6 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Le miscele devono essere ottimizzate mediante pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31, con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale KPa	600 +/- 3
Angolo di rotazione	1.25 +/- 0.02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	100

La verifica della % dei vuoti, dovrà essere fatta a tre livelli di N° di giri:

Numero giri N	% vuoti (UNI EN 12697-8)
N1=10	11-15
N2=120	3-6
N3=200	>2

Le miscele dello studio, compattate con il numero di giri N2, testate a trazione indiretta alla temperatura di 25 °C dovranno fornire i seguenti valori:

Norma UNI EN 12697-23	Resistenza a trazione indiretta
ITS (Mpa)	> 1.2

Della stessa miscela dovrà essere valutata la sensibilità all'acqua attraverso la misura della trazione indiretta (ITSR) su provini condizionati in acqua rispetto ad analoghi provini condizionati all'aria (Norma UNI EN 12697-12). Il valore ITSR, dovrà soddisfare ai seguenti requisiti:

Norma UNI EN 12697-12	Resistenza a trazione indiretta
ITSR (Mpa)	ITSR/ITS > 80%

Il modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26), alla temperatura di 20°C, frequenza di prova 2Hz e Rise time 124+/- 4 ms, non dovrà essere inferiore a 7000 MPa

Dall'impasto aggregati - bitume con cui è stato effettuato lo studio di ottimizzazione, dovrà essere fatta l'estrazione del bitume. Sul bitume estratto, dovranno essere misurate:

- Penetrazione con ago
- Punto di rammollimento
- Viscosità a 160°C

8 STRATO DI BINDER CON MATERIALE DI RECUPERO

8.1 PREMESSA

Sugli aggregati sintetici dovrà essere eseguita una prova di rigonfiamento prima dell'impiego, su campioni prelevati con una frequenza di campionamento da definire preventivamente con la Direzione Lavori e comunque non inferiore ad un prelievo per ogni giorno di lavorazione. Il rigonfiamento dovrà risultare sostanzialmente nullo, in caso contrario tutto il conglomerato prodotto con quella partita di inerti non potrà essere impiegato. Con frequenza da definire a cura della Direzione Lavori la prova di rigonfiamento sarà da eseguire anche sugli aggregati ottenuti da carote prelevate dalla stesa.

(Determinazione dell'espansione delle loppe di acciaieria UNI EN 1744-1 e s.m.i o prove analoghe in grado comunque di misurare l'espansione delle loppe).

In caso di impiego di fresato l'impresa dovrà fornire una completa caratterizzazione del materiale che intende utilizzare (come minimo analisi granulometrica del fresato tal quale [curva nera], analisi granulometrica del fresato dopo estrazione del bitume [curva bianca], quantitativo di bitume del fresato e caratterizzazione del bitume estratto dal fresato). L'impresa dovrà poi concordare con la Direzione Lavori un piano di controllo in cui il fresato via via impiegato verrà confrontato con la caratterizzazione fornita.

8.2 AGGREGATO GROSSO

Per questo strato potranno essere impiegate graniglie provenienti da materiali di recupero e scorie di acciaieria in percentuale massima del 30%.

Potrà essere impiegato anche materiale provenienti dalla fresatura di preesistenti strati di pavimentazione bituminosa (fresato), nella percentuale massima del 30%.

La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2) dovrà essere inferiore od uguale al 25% (LA_{25}).

La quantità del frantumato dovrà essere del 100%.

L'indice di forma SI (UNI EN 933-4) e di appiattimento FI (UNI EN 933-3) dovranno essere inferiori od uguali a 15.

La resistenza al gelo disgelo (UNI EN 1367-1) dovrà essere $\leq 1\%$ (F1).

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): $<5\%$

8.3 AGGREGATO FINO

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito da sabbie di frantumazione e da sabbie naturali di fiume. La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione sarà prescritta di volta in volta dalla D.L. e comunque non dovrà essere inferiore al 70 % della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova "Los Angeles" (UNI EN 1097-2) eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore od uguale a 80. Nel caso di impiego di sabbie frantumate non lavate l'equivalente in sabbia dovrà essere ≥ 55 .

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): $<5\%$

8.4 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- * potere rigidificante: (con un rapporto filler/ bitume pari a 1,5) il Δ PA dovrà essere $\geq 5^{\circ}\text{C}$ (UNI EN 13179)
- * vuoti Ridgen valore compreso fra 30 e 45, UNI EN 1097-4
- * i passanti in peso dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI 0,40 mm	Passante in peso per via umida 100%
Setaccio UNI 0,18 mm	Passante in peso per via umida 90%
Setaccio UNI 0,075 mm	Passante in peso per via umida 80%

- * della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio UNI 0,075 mm più del 60% deve passare a tale setaccio anche a secco.
- * l'indice di plasticità deve risultare non plastico

8.4.1 Attivanti chimici funzionali

Dovranno essere sempre utilizzati nelle lavorazioni a caldo in cui si reimpiega materiale fresato.

Essi devono avere caratteristiche tali da migliorare le proprietà di adesione, coesione, viscosità e resistenza all'invecchiamento del legante totale (vecchio + nuovo).

Il dosaggio sarà indicativamente dello 0.2-0.8% in peso rispetto al bitume aggiunto ogni 10% di fresato presente nella miscela legante totale, secondo le indicazioni della DL ed in accordo con i laboratori accreditati.

I prodotti dovranno essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano le caratteristiche e modalità di impiego, che potranno essere verificati con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle quantità effettivamente impiegate, vanno fornite alla DL copia delle bolle di consegna

8.4.2 Attivanti l'adesione

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati saranno impiegate sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume - aggregato (agenti tensioattivi di adesività)

Il dosaggio potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, tra il 0,3% ed il 0,6% rispetto al peso del bitume. I dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benessere della D.L.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio nel legante bituminoso.

I prodotti dovranno essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano le caratteristiche e modalità di impiego, che potranno essere verificati con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle quantità effettivamente impiegate, vanno fornite alla DL copia delle bolle di consegna

8.5 MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa nei sottoindicati intervalli:

SETACCI	PASSANTE %
31.5	100
20	90-100
16	75-100
12.5	61-90
8	50-75
4	30-55
2	20-40
1	14-30
0.5	8-22
0.25	5-16
0.063	4-8

8.5.1 Bitume

Bitume 4,0 % - 5,5 %, compresa la % di bitume contenuta nel materiale fresato.

Le caratteristiche del bitume sono di seguito indicate:

BITUMI TIPO HARD			
Parametri	Norma	Unità misura	Valori
Penetrazione	UNI EN 1426	0.1mm	50-70
Punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 70
Punto rottura Fraass	UNI EN 12693	°C	<-15
Ritorno elastico	UNI EN 13398	%	≥ 80

Stabilità stoccaggio a caldo	UNI EN 13399	°C	≤ 3
Viscosità dinamica a 160 °C	UNI EN 13302	Pa x s	0.1-0.5
Coesione a 10°C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥3
Dopo RTFOT			
Perdita per riscaldamento a 163°C	UNI EN 12607-1	%	≤ 0.8
Penetrazione	UNI EN 1426	%	≥ 60
Variazione punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 8

8.6 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Le miscele devono essere ottimizzate mediante pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31, con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale KPa	600 +/- 3
Angolo di rotazione	1.25 +/- 0.02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

La verifica della % dei vuoti, dovrà essere fatta a tre livelli di N0 di giri, variabili a seconda del tipo di bitume.

Numero giri N	Bitume normale	Bitume mod. soft	Bitume mod. hard	% vuoti (UNI EN 12697-8)
N1	10	10	10	11-15
N2	100	110	120	3-6
N3	160	190	200	>2

Le miscele dello studio, compattate con il numero di giri N2, testate a trazione indiretta alla temperatura di 25°C dovranno fornire i seguenti valori:

Norma UNI EN 12697-23	Miscele con bitume normale	Miscele con bitume modifica soft e hard
ITS (Mpa)	> 0.8	> 1.2
CTI (Mpa)	>65	>75

Della stessa miscela dovrà essere valutata la sensibilità all'acqua attraverso la misura della trazione indiretta (ITSR) su provini condizionati in acqua rispetto ad analoghi provini condizionati all'aria (Norma UNI EN 12697-12. Il valore ITSR, dovrà soddisfare ai seguenti requisiti:

Norma UNI EN 12697-12	Miscele con bitume normale	Miscele con bitume modifica soft e hard
ITSR (Mpa)	ITSR/ITS > 70%	ITSR/ITS > 80%

Dall'impasto aggregati - bitume con cui è stato effettuato lo studio di ottimizzazione, dovrà essere fatta l'estrazione del bitume. Sul bitume estratto, dovranno essere misurate:

- Penetrazione con ago
- Punto di rammollimento
- Viscosità a 160°C
- Ritorno elastico
- Presenza di polimeri

9 STRATO DI USURA SPESSORE 3 - 6 CM

9.1 PREMESSA

A seguito della presentazione di uno studio di ottimizzazione che attesta la conformità alle specifiche indicate nel presente capitolato, la D.L. potrà autorizzare una miscela contenente fresato nella percentuale massima del 20%.

Dovrà essere utilizzata unicamente la classe granulometrica 4/12 mm e il materiale dovrà provenire dalla fresatura di analoga tipologia di usura. La granulometria del fresato dovrà essere verificata sia sul tal quale (curva del nero) che dopo estrazione del bitume (curva del bianco). La % del passante al setaccio 4 mm non dovrà differire di oltre il 5% (escluso il bitume) tra le due curve.

9.2 AGGREGATO GROSSO

Per questo strato potranno essere impiegate graniglie ricavate dalla frantumazione delle ghiaie, con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2) inferiore od uguale al 20% (LA₂₀)

La quantità del frantumato dovrà essere del 100%.

L'indice di forma SI (UNI EN 933-4) e di appiattimento FI (UNI EN 933-3) dovranno essere inferiori od uguali a 15

La resistenza al gelo disgelo (UNI EN 1367-1) dovrà essere $\leq 1\%$ (F1).

Il coefficiente di levigabilità accelerata (UNI EN 1097-8) dovrà essere maggiore di 44 (PSV₄₄)

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): <5%

La Committente potrà autorizzare l'uso di "inerti artificiali" quali argilla espansa, scorie d'altoforno, loppe ecc. ad elevata rugosità superficiale (PSV. ≥ 45) di pezzatura 5/15 mm in percentuali comprese tra il 20% ed il 35% rispetto al peso degli inerti che compongono la miscela.

Le integrazioni sopra descritte e la scelta delle zone di impiego dovranno sempre essere autorizzate dal Committente sulla base di preventiva presentazione allo stesso da parte dell'Impresa di uno studio della miscela.

9.3 AGGREGATO FINO

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito da sabbie di frantumazione e da sabbie naturali di fiume. La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione sarà prescritta di volta in volta dalla D.L. e comunque non dovrà essere inferiore al 90 % della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova "Los Angeles" (UNI EN 1097-2) eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): <5%

L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore od uguale a 80. Nel caso di impiego di sabbie frantumate non lavate l'equivalente in sabbia dovrà essere ≥ 55 .

La somma dei trattenuti in peso delle sabbie impiegate, superiore a 2 mm, non dovrà superare nella curva granulometrica finale il 10% in peso quando le stesse sabbie provengano da rocce aventi un valore di CLA inferiore od uguale a 0,43.

9.4 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- potere rigidificante: (con un rapporto filler/ bitume pari a 1,5) il ΔPA dovrà essere $\geq 5^\circ C$ (UNI EN 13179)
- vuoti Ridgen valore compreso fra 30 e 45, UNI EN 1097-4
- i passanti in peso dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI 0,40 mm	Passante in peso per via umida 100%
Setaccio UNI 0,18 mm	Passante in peso per via umida 90%
Setaccio UNI 0,075 mm	Passante in peso per via umida 80%

- della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio UNI 0,075 mm più del 60% deve passare a tale setaccio anche a secco.
- l'indice di plasticità deve risultare non plastico

9.5 MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa nei sottoindicati intervalli:

SETACCI	PASSANTE %
16	100
12.5	90-100
8	70-90
4	40-58
2	25-38
1	18-28
0.5	10-20
0.25	8-16
0.063	6-10

9.5.1 Bitume

Bitume 5% - 6,5% dei tipi descritti nei paragrafi precedenti e indicati nel progetto potrà essere impiegato nelle versioni tal quale e modificato hard.

9.6 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Le miscele devono essere ottimizzate mediante pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31, con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale KPa	600 +/- 3
Angolo di rotazione	1.25 +/- 0.02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	100

La verifica della % dei vuoti, dovrà essere fatta a tre livelli di N0 di giri, variabili a seconda del tipo di bitume.

Numero giri N	Bitume normale	Bitume mod. soft	Bitume mod. hard	% vuoti (UNI EN 12697-8)
N1	10	10	10	11-15
N2	100	130	140	3-6
N3	180	220	230	>2

Le miscele dello studio, compattate con il numero di giri N2, testate a trazione indiretta alla temperatura di 25°C dovranno fornire i seguenti valori:

Norma UNI EN 12697-23	Miscele con bitume normale	Miscele con bitume modifica soft e hard
ITS (Mpa)	> 0.72	> 1.2

Della stessa miscela dovrà essere valutata la sensibilità all'acqua attraverso la misura della trazione indiretta (ITSR) su provini condizionati in acqua rispetto ad analoghi provini condizionati all'aria (Norma UNI EN 12697-12. Il valore ITSR, dovrà soddisfare ai seguenti requisiti:

Norma UNI EN 12697-12	Miscele con bitume normale	Miscele con bitume modifica soft e hard
ITSR (Mpa)	ITSR/ITS > 70%	ITSR/ITS > 90%

Dall'impasto aggregati - bitume con cui è stato effettuato lo studio di ottimizzazione, dovrà essere fatta l'estrazione del bitume. Sul bitume estratto, dovranno essere misurate:

- Penetrazione con ago
- Punto di rammollimento
- Viscosità a 160°C

10 TUBAZIONI E COSTRUZIONE DELLE CONDOTTE

10.1 COLLOCAMENTO IN OPERA - NORME GENERALI

L'Appaltatore, oltre alle modalità esecutive prescritte per ogni categoria di lavoro, è obbligato ad impiegare ed eseguire tutte le opere provvisorie ed usare tutte le cautele ritenute a suo giudizio indispensabili per la buona riuscita delle opere e per la loro manutenzione e per garantire da eventuali danni o piene sia le attrezzature di cantiere che le opere stesse. La posa in opera di qualsiasi materiale, apparecchio o manufatto, consisterà in genere nel suo prelevamento dal luogo di deposito, nel suo trasporto in sito (intendendosi con ciò tanto il trasporto in piano o in pendenza, che il sollevamento in alto o la discesa in basso, il tutto eseguito con qualsiasi sussidio o mezzo meccanico, opera provvisoria, ecc.), nonché nel collocamento nel luogo esatto di destinazione, a qualunque altezza o profondità ed in qualsiasi posizione, ed in tutte le opere conseguenti.

L'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire il collocamento di qualsiasi opera od apparecchio che le venga ordinato dalla Direzione dei Lavori, anche se forniti da altre ditte. Il collocamento in opera dovrà eseguirsi con tutte le cure e cautele del caso; il materiale o manufatto dovrà essere convenientemente protetto, se necessario, anche dopo collocato, essendo l'Appaltatore unico responsabile dei danni di qualsiasi genere che potessero essere arrecati alle cose poste in opera, anche dal solo traffico degli operai durante e dopo l'esecuzione dei lavori, sino al loro termine e consegna, anche se il particolare collocamento in opera si svolge sotto la sorveglianza o assistenza del personale di altre ditte, fornitrici del materiale o del manufatto.

10.2 COLLOCAMENTO IN OPERA DI MATERIALI FORNITI DALLA STAZIONE APPALTANTE

Qualsiasi apparecchio, materiale o manufatto fornito dalla Stazione Appaltante sarà consegnato assieme alle istruzioni che l'Appaltatore riceverà tempestivamente. Pertanto l'Appaltatore dovrà provvedere al suo trasporto in cantiere, immagazzinamento e custodia, e successivamente alla loro posa in opera, a seconda delle istruzioni che riceverà, eseguendo le opere di adattamento e ripristino che si rendessero necessarie. Per il collocamento in opera dovranno seguirsi inoltre tutte le norme indicate per ciascuna opera nel presente Capitolato, restando sempre l'Appaltatore responsabile della buona conservazione del materiale consegnatogli, prima e dopo del suo collocamento in opera.

10.2.1 Generalità

Nella costruzione delle condotte costituenti l'opera oggetto del presente appalto, saranno osservate le vigenti

Norme tecniche:

- la normativa del Ministero dei lavori pubblici;
- le disposizioni in materia di sicurezza igienica e sanitaria di competenza del Ministero della sanità;
- le norme specifiche concernenti gli impianti fissi antincendio di competenza del Ministero dell'interno;
- le prescrizioni di legge e regolamentari in materia di tutela delle acque e dell'ambiente dall'inquinamento;
- le speciali prescrizioni in vigore per le costruzioni in zone classificate sismiche, allorché le tubazioni siano impiegate su tracciati che ricadano in dette zone;
- altre eventuali particolari prescrizioni, purché non siano in contrasto con la normativa vigente, in vigore per specifiche finalità di determinati settori come quelle disposte dalle Ferrovie dello Stato per l'esecuzione di tubazioni in parallelo con impianti ferroviari ovvero di attraversamento degli stessi.

Le prescrizioni di tutto l'articolo "Movimentazione e Posa delle Tubazioni" si applicano a tutte le tubazioni in generale; si applicano anche ad ogni tipo delle tubazioni di cui agli articoli seguenti di questo capitolo, tranne per quanto sia incompatibile con le specifiche norme per esse indicate.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

10.3 TUBAZIONI IN GENERE

10.3.1 Generalità

Per le tubazioni e le apparecchiature idrauliche valgono le disposizioni dell'articolo "Norme Generali - Accettazione Qualità ed Impiego dei Materiali" del capitolo "Qualità dei Materiali e dei Componenti" esse devono corrispondere alle vigenti Norme tecniche.

Le prescrizioni di tutto questo articolo si applicano a tutte le tubazioni in generale; si applicano anche ad ogni tipo delle tubazioni di cui agli articoli (tubazioni di acciaio, di ghisa, ecc.) del capitolo "Tubazioni" tranne per quanto sia incompatibile con le specifiche norme per esse indicate

10.3.2 Fornitura diretta delle tubazioni da parte della Stazione Appaltante

In caso di fornitura diretta delle tubazioni, la Stazione Appaltante effettuerà le ordinazioni - tenendo conto del programma di esecuzione dei lavori - in base alle distinte risultanti dai rilievi esecutivi presentati dall'Appaltatore a norma dell'articolo "Oneri e Obblighi diversi a carico dell'Appaltatore - Responsabilità dell'Appaltatore".

La Stazione Appaltante si riserva la facoltà di disporre variazioni nello sviluppo delle opere in dipendenza anche della consegna delle forniture; e comunque non assume nessuna responsabilità circa eventuali ritardi nella consegna delle forniture, per cause ad essa non imputabili, rispetto alle previsioni.

La consegna delle forniture dirette della Stazione Appaltante avverrà, a criterio insindacabile della Stazione Appaltante stessa, su banchina franco porto oppure su vagone franco stazione ferroviaria oppure franco camion, su strade statali, provinciali o comunali, oppure franco fabbrica. In quest'ultimo caso la consegna sarà effettuata da incaricati della Stazione Appaltante subito dopo il collaudo della fornitura, al quale potranno intervenire incaricati dell'Appaltatore.

A collaudo avvenuto e ad accettazione della fornitura, l'Appaltatore - quando è prevista la consegna franco fabbrica - può disporre alla Ditta fornitrice l'immediata spedizione con l'adozione dei provvedimenti necessari a garantire che i materiali rimangano assolutamente integri durante il trasporto. Diversamente la Stazione Appaltante disporrà la spedizione direttamente nel modo che riterrà più opportuno, a spese dell'Appaltatore, preavvertendolo.

All'atto della consegna, l'Appaltatore deve controllare i materiali ricevuti e nel relativo verbale di consegna che andrà a redigersi deve riportare eventuali contestazioni per materiali danneggiati (anche se solo nel rivestimento) nei riguardi della fabbrica o delle Ferrovie dello Stato o dell'armatore della nave o della ditta di autotrasporti).

L'Appaltatore dovrà provvedere nel più breve tempo possibile allo scarico da nave o da vagone o da camion - anche per evitare spese per soste, che rimarrebbero comunque tutte a suo carico oltre al risarcimento degli eventuali danni che per tale causale subisse la Stazione Appaltante - e poi al trasporto con qualsiasi mezzo sino al luogo d'impiego compresa ogni e qualsiasi operazione di scarico e carico sui mezzi all'uopo usati dall'Appaltatore stesso.

I materiali consegnati che residueranno alla fine dei lavori dovranno essere riconsegnati alla Stazione Appaltante - con relativo verbale in cui sarà precisato lo stato di conservazione di materiali ed al quale sarà allegata una dettagliata distinta degli stessi - con le modalità che saranno da questa, o per essa dalla Direzione dei Lavori, stabilite.

Per i materiali che a lavori ultimati risulteranno non impiegati né riconsegnati alla Stazione Appaltante oppure che saranno riconsegnati ma in condizioni di deterioramento o danneggiamento, sarà effettuata una corrispondente operazione di addebito, al costo, sul conto finale.

10.3.3 Ordinazione

L'Appaltatore effettuerà l'ordinazione delle tubazioni entro il termine che potrà stabilire la Direzione dei Lavori e che sarà comunque tale, tenuto anche conto dei tempi di consegna, da consentire lo svolgimento dei lavori secondo il relativo programma e la loro ultimazione nel tempo utile contrattuale.

L'Appaltatore invierà alla Direzione dei Lavori, che ne darà subito comunicazione alla Stazione Appaltante, copia dell'ordinazione e della relativa conferma da parte della Ditta fornitrice, all'atto rispettivamente della trasmissione e del ricevimento.

L'ordinazione dovrà contenere la clausola seguente o equipollente. "La Ditta fornitrice si obbliga a consentire, sia durante che al termine della lavorazione, libero accesso nella sua fabbrica alle persone all'uopo delegate dalla Stazione Appaltante appaltatrice dei lavori di COLLETTAMENTO TERMINALI FOGNARI NON DEPURATI del Comune di Adrara San Martino (BG) e ad eseguire i controlli e le verifiche che esse richiedessero, a cura e spese dell'Appaltatore, sulla corrispondenza della fornitura alle prescrizioni del contratto di ed a spese dell'Appaltatore, alle prove idrauliche interne delle tubazioni poste in opera".

L'unica fornitura o ciascuna delle appalto relativo ai lavori sopra indicati.

Si obbliga inoltre ad assistere, a richiesta singole parti in cui l'intera fornitura viene eseguita, sarà in ogni caso accompagnata dal relativo certificato di collaudo compilato dalla Ditta fornitrice, attestante la conformità della fornitura alle Norme vigenti e contenente la certificazione dell'avvenuto collaudo e l'indicazione dei valori ottenuti nelle singole prove.

I risultati delle prove di riferimento e di collaudo dei tubi, dei giunti e dei pezzi speciali effettuate in stabilimento a controllo della produzione, alle quali potranno presenziare sia l'Appaltatore e sia la Direzione dei Lavori od altro rappresentante della Stazione Appaltante e le quali comunque si svolgeranno sotto la piena ed esclusiva responsabilità della Ditta fornitrice, saranno valutati con riferimento al valore della pressione nominale di fornitura PN.

L'Appaltatore richiederà alla ditta fornitrice la pubblicazione di questa, di cui un esemplare verrà consegnato alla Direzione dei Lavori, contenente le istruzioni sulle modalità di posa in opera della tubazione.

10.3.4 Accettazione delle tubazioni – Marcatura

L'accettazione delle tubazioni è regolata dalle prescrizioni di questo capitolato nel rispetto di quanto indicato al punto 2.1.4. del D.M. 12 dicembre 1985, del D.M. 6 aprile 2004, n. 174 "Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano" nonché delle istruzioni emanate con la Circolare Ministero Lavori Pubblici del 20 marzo 1986 n.27291 e, per i tubi in cemento armato ordinario e in cemento armato precompresso, delle Norme vigenti per le strutture in cemento armato, in quanto applicabili.

Nei riguardi delle pressioni e dei carichi applicati staticamente devono essere garantiti i requisiti limiti indicati nelle due tabelle allegate al D.M. 12 dicembre 1985: tabella I, per tubi di adduzione in pressione (acquedotti) e II, per le fognature.

Tutti i tubi, i giunti ed i pezzi speciali dovranno giungere in cantiere dotati di marcature indicanti la ditta costruttrice, il diametro nominale, la pressione nominale (o la classe d'impiego) e possibilmente l'anno di fabbricazione; le singole paratie della fornitura dovranno avere una documentazione dei risultati delle prove eseguite in stabilimento caratterizzanti i materiali ed i tubi forniti.

La Stazione Appaltante ha la facoltà di effettuare sulle tubazioni fornite in cantiere - oltre che presso la fabbrica - controlli e verifiche ogni qualvolta lo riterrà necessario, secondo le prescrizioni di questo capitolato e le disposizioni della Direzione dei Lavori.

Tutti i tubi, i giunti ed i pezzi speciali dovranno essere conformi, ove applicabili, alle norme UNI EN 10311, UNI EN 10312, UNI EN 1123-1-2, UNI EN 1124-1-2-3, UNI EN 10224, UNI EN 13160-1.

Tutti i prodotti e/o materiali impiegati, comunque, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio..

10.3.5 Rivestimento interno

Il rivestimento interno delle tubazioni non deve contenere alcun elemento solubile in acqua né alcun prodotto che possa dare sapore od odore all'acqua dopo un opportuno lavaggio della condotta.

Per le condotte di acqua potabile il rivestimento interno non deve contenere elementi tossici.

10.3.6 Tipi di giunti

Oltre ai giunti specificati per i vari tipi di tubazioni (acciaio, ghisa, ecc.), potranno adottarsi, in casi particolari (come l'allestimento di condotte esterne provvisorie), i seguenti altri tipi di giunti:

- Giunto a flange libere con anello di appoggio saldato a sovrapposizione, secondo la norma UNI EN 1092-1.
- Giunto a flange saldate a sovrapposizione, secondo le norme UNI EN 1092-1.
- Giunto a flange saldate di testa, secondo le norme UNI EN 1092-1.
- Giunto Victaulic, automatico (che è di rapido montaggio e smontaggio, particolarmente indicato per condotte provvisorie e per tracciati accidentali).
- Giunto Gibault (o simili, come Dresser, Viking-Johnson), costituito da un manicotto (botticella) e da due flange in ghisa, da bulloni di collegamento in ferro e da due anelli di gomma a sezione circolare, da impiegare per la giunzione di tubi con estremità lisce.

10.3.7 Apparecchiature idrauliche

Le apparecchiature idrauliche dovranno corrispondere alle caratteristiche e requisiti di accettazione delle vigenti norme UNI.

Su richiesta della Direzione dei Lavori, l'Appaltatore dovrà esibire, entro 1 mese dalla data della consegna (o della prima consegna parziale) dei lavori e comunicando il nominativo della ditta costruttrice, i loro prototipi che la Direzione dei Lavori, se li ritenga idonei, potrà fare sottoporre a prove di fatica nello stabilimento di produzione od in un laboratorio di sua scelta; ogni onere e spesa per quanto sopra resta a carico dell'Appaltatore.

L'accettazione delle apparecchiature da parte della Direzione dei Lavori non esonera l'Appaltatore dall'obbligo di consegnare le apparecchiature stesse in opera perfettamente funzionanti.

10.4 TUBAZIONI IN CEMENTO ARMATO SENZA LAMIERINO

10.4.1 Tubi in cemento armato senza lamierino

I tubi in cemento armato (ordinario o precompresso) senza lamierino (che appresso indicheremo anche semplicemente con tubi in c.a. o in c.a.p., rispettivamente) debbono avere caratteristiche e requisiti di accettazione conformi anche alle vigenti norme ANDIS e conformi, inoltre, al D.M. 6 aprile 2004, n.174 "Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano".

Essi sono costituiti da conglomerato cementizio con armatura metallica, i cui componenti avranno le caratteristiche fissate per il conglomerato cementizio armato; la dimensione massima degli inerti non sarà superiore ad un quarto dello spessore della parete del tubo e comunque a 25 mm: l'acqua impiegata per l'impasto dovrà essere limpida e scevra da qualsiasi traccia di grassi e materie organiche e non dovrà contenere acidi o basi in percentuale dannosa; il suo contenuto di sostanze disciolte non dovrà superare 2 grammi per litro.

10.4.2 Pezzi speciali per tubi di cement armato

I pezzi speciali (curve, biforcazioni, ecc.) possono essere di conglomerato cementizio armato, di ghisa, ovvero di lamiera di acciaio saldato.

Di norma i pezzi di conglomerato cementizio armato sono adatti per pressioni ridotte; essi dovranno comunque essere dimensionati con criteri e margini di sicurezza analoghi a quelli stabiliti per i tubi.

Per i pezzi speciali di ghisa valgono le norme vigenti per gli analoghi pezzi da tubazione in ghisa per acquedotto. Si eviterà peraltro l'adozione di pezzi di ghisa per diametri superiori a DN 50 cm per i quali sarà impiegata la lamiera di acciaio saldata protetta con rivestimenti bituminosi a spessore, dati a caldo.

I pezzi speciali di lamiera di acciaio dovranno essere calcolati a pressione e carichi esterni e dovranno avere apposito rivestimento a protezione della corrosione. Lo spessore minimo della lamiera è stabilito dalla seguente tabella:

Per tubi DN -> fino a 45 cm da 50 a 65 cm da 70 a 100 cm

Pezzi speciali rivestiti con conglomerato cementizio

1,5 mm	2,5 mm	3 mm
--------	--------	------

Pezzi speciali con mastice bituminoso

4 mm	5,5 mm	7 mm
------	--------	------

I pezzi speciali saranno normalmente forniti di giunti dello stesso tipo di quelli della tubazione corrente e che imbocchino direttamente sui tubi contigui.

I pezzi speciali che comportino viti, bulloni o altre parti soggette ad ossidazioni, debbono essere protetti da apposito pozzetto accessibile.

10.4.1 Tubi in cemento armato precompresso senza lamierino

Come caso particolare dei tubi di c.a. possono considerarsi i tubi nei quali l'armatura trasversale sia calcolata e realizzata identicamente a quanto prescritto per i tubi di cemento armato ordinario, mentre longitudinalmente essi sono provvisti di una armatura di fili ad alto limite elastico messi in tensione e che conferiscano al calcestruzzo una adeguata compressione.

I tubi in c.a.p. possono essere:

- tubi con nucleo di conglomerato cementizio prefabbricato, armatura di precompressione radiale e rivestimento protettivo della medesima;
- tubi monolitici con armatura di precompressione radiale inglobata nella parete di conglomerato.

Quando l'ambiente di posa presenta caratteristiche tali da compromettere la conservazione nel tempo della spirale di decompressione o del suo ricoprimento cementizio, i tubi in c.a.p. saranno dotati di un rivestimento - che dovrà soddisfare le prescrizioni delle vigenti norme CNR - eseguito con mastice bituminoso armato con tessuto di vetro, tale da garantire isolamento, durezza e inalterabilità, e precisamente costituito da:

- uno strato di vernice bituminosa a freddo (primer);
- uno strato, di spessore non inferiore a 2,5 mm, di mastice bituminoso a caldo;
- una fasciatura continua di tessuto di vetro reticolare;
- uno strato, di spessore non inferiore a 2,5 mm, di mastice bituminoso a caldo che incorpori completamente il tessuto di vetro reticolare.

10.5 TUBAZIONI IN PVC RIGIDO NON PLASTIFICATO

Le tubazioni in PVC (cloruro di polivinile) rigido non plastificato devono corrispondere alle caratteristiche ed ai requisiti di accettazione prescritti dalle Norme vigenti, dalla norma UNI EN ISO 1452, UNI EN 1401 ed alle Raccomandazioni I.I.P. e conformi, inoltre, al D.M. 6 aprile 2004, n.174 "Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano".

I tubi in PVC sono fabbricati con cloruro di polivinile esente da plastificanti e cariche inerti, non colorato artificialmente e miscelato - a scelta del fabbricante, purché il manufatto ottenuto risponda ai requisiti stabiliti dalle Norme vigenti - con opportuni stabilizzanti e additivi nelle quantità necessarie.

Devono avere costituzione omogenea e compatta, superficie liscia ed esente da ondulazioni e da striature cromatiche notevoli, da porosità e bolle; presentare una sezione circolare costante; ed avere le estremità rifinite in modo da consentire il montaggio ed assicurare la tenuta del giunto previsto per le tubazioni stesse.

I tubi e i raccordi di PVC devono essere contrassegnati con il marchio di conformità IIP che ne assicura la rispondenza alle norme UNI.

I raccordi e i pezzi speciali in PVC per fognature dovranno rispondere alle caratteristiche stabilite rispettivamente dalle norme UNI EN ISO 1452-3 o UNI 1401-1.

Per la fognatura (scarichi di acque di rifiuto civili e industriali: acque bianche, nere e miste) saranno impiegati tubi rispondenti a UNI EN 1401 SN 8 SDR 34, tipo di giunto a bicchiere con tenuta a guarnizione elastomerica. Tutti i prodotti e/o materiali impiegati, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

10.5.1 UNI EN 1401-1 (condotte di scarico interrate di acque civili e industriali).

Le caratteristiche principali delle condotte, previste dalla norma, alle quali dovranno rispondere le tubazioni impiegate sono le seguenti:

Materia prima

Il contenuto di PVC, determinato secondo il prEN 1905, dovrà essere almeno 80% in massa per i tubi e 85% in massa per i raccordi stampati ad iniezione.

Aspetto

La superficie interna ed esterna dei tubi e dei raccordi dovrà essere liscia, pulita e priva di cavità, bolle, impurezze e porosità. Le estremità dei tubi dovranno essere tagliate nettamente e le estremità dei tubi e dei raccordi dovranno essere perpendicolari ai loro assi.

I tubi ed i raccordi dovranno essere colorati in tutto lo spessore della parete. Il colore dovrebbe essere preferibilmente marrone arancio (approssimativamente RAL 8023) o grigio (RAL 7037).

Caratteristiche del materiale

Le composizioni dei tubi e dei raccordi conformi alla presente norma hanno generalmente queste caratteristiche:

Caratteristiche del materiale

Le composizioni dei tubi e dei raccordi conformi alla presente norma hanno generalmente queste caratteristiche:

- Modulo di elasticità $E \geq 3\,000\text{ MPa}$
- Massa volumica media $\approx 1,4\text{ g/cm}^3$
- Coefficiente medio di dilatazione termica lineare $\approx 0,08\text{ mm/mK}$
- Conducibilità termica $\approx 0,16\text{ WK}^{-1}\text{ m}^{-1}$
- Resistenza superficiale $> 10^{12}\ \Omega$

Per essere conforme alla UNI EN 1401 la lunghezza del tubo non dovrà essere inferiore a quella dichiarata dal fabbricante se misurata come mostrato:

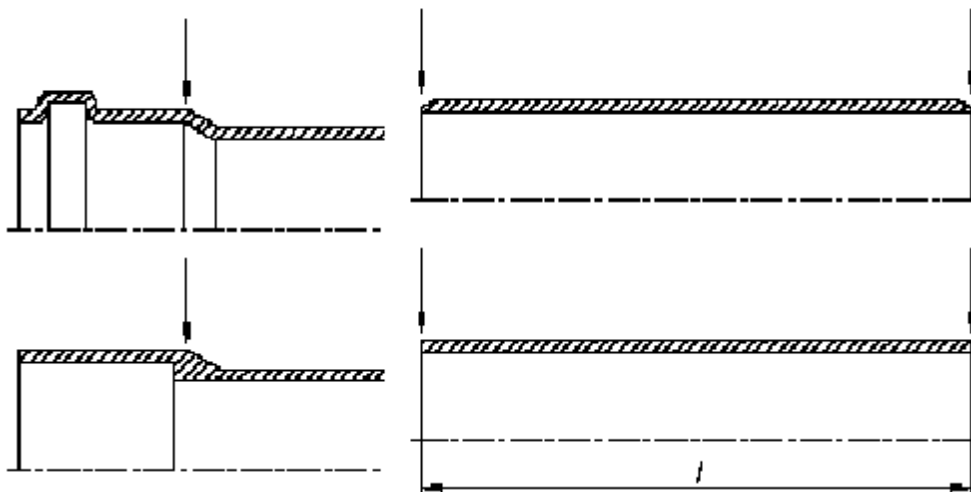


Fig.1.1-Standard di misurazione della lunghezza di tubi in PVC rigido

Smussatura

Se è richiesta una smussatura, l'angolo di smusso deve essere tra 15° e 45° rispetto all'asse del tubo. Lo spessore rimanente di parete all'estremità del tubo deve essere almeno $1/3$ di e_{min} , spessore minimo del tubo indicato in tabella.

Spessori di parete

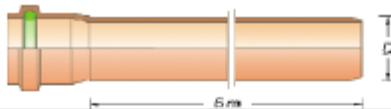
Lo spessore della parete dovrà essere conforme alla seguente tabella in cui uno spessore di parete massimo in un punto qualsiasi fino a 1,2 e_{min} parete è ammesso purché lo spessore medio della parete, e_m sia minore o uguale a quello specificato $e_{m,max}$

Diametro esterno	SN 4		SN 8	
	e_{min}	$e_{m,max}$	e_{min}	$e_{m,max}$
160	4.0	4.6	4.7	5.4
200	4.9	5.6	5.9	6.7
250	6.2	7.1	7.3	8.3
315	7.7	8.7	9.2	10.4
400	9.8	11.0	11.7	13.1
500	12.3	13.8	14.6	16.3
630	15.4	17.2	18.4	20.5

*tutte le dimensioni sono in millimetri

Giunzioni

I tubi in PVC vengono raccordati con giunto a bicchiere con anello elastomerico



Diametro esterno nominale DN	Bicchiere			Codolo	
	d_{min}	A_{min}	C_{max}	$L_{1,min}$	H
160	160.5	42	32	81	7
200	200.6	50	40	99	9
250	250.8	55	70	125	9
315	316.0	62	70	132	12
400	401.2	70	80	150	15
500	501.5	80	80	160	18
630	631.9	93	95	188	23

*tutte le dimensioni sono in millimetri

Tab. 1.2 – Dimensioni di bicchieri e codoli per giunti con guarnizione elastomerica

Sezione e codifica elementi dimensionali per tubi in PVC rigido

Rigidità anulare

La rigidità anulare dovrà essere la seguente:
 $\geq 8 \text{ kN/m}^2$ per SDR 34.

Deformazione diametrale

In condizioni normali di installazione, la deformazione media prevedibile del diametro esterno dei tubi dovrà essere minore dell'8%.

Marcatura

I tubi dovranno essere marcati a intervalli di al massimo 2 m, almeno una volta per ogni tubo. Gli elementi della marcatura dovranno essere stampati o formati direttamente sul componente oppure essere su un'etichetta, in modo tale che dopo stoccaggio, esposizione alle intemperie, manipolazione e installazione, sia mantenuta la richiesta leggibilità.

La marcatura minima richiesta per i tubi dovrà essere:

- Numero della norma: EN 1401

- Codice d'area di applicazione: U(area distante più di 1m dal fabbricato) o UD(area al di sotto o distante meno di 1m dal fabbricato)
 - Nome del fabbricante e/o marchio di fabbrica
 - Dimensione nominale
 - Spessore minimo di parete o SDR
 - Materiale: PVC-U o PVC
 - Rigidità anulare nominale SN
 - Informazioni del fabbricante: periodo di produzione, anno e mese, e luogo di produzione in numero o in codice.
- Per i raccordi oltre a queste marcature dovrà essere indicato l'angolo nominale.

Giunzioni

Le giunzioni delle tubazioni in PVC per fognatura saranno eseguite, a seconda del tipo di giunto, con le seguenti modalità:

- A) Giunti di tipo rigido (giunto semplice o a manicotto del tipo rigido ottenuto per incollaggio) .
- a) Eliminare le bave nella zona di giunzione;
 - b) eliminare ogni impurità dalle zone di giunzione;
 - c) rendere uniformemente scabre le zone di giunzione, trattandole con carta o tela smerigliate di grana media;
 - d) completare la preparazione delle zone da incollare, sgrassandole con solventi adatti;
 - e) mescolare accuratamente il collante nel suo recipiente prima di usarlo;
 - f) applicare il collante nelle zone approntate, ad avvenuto essiccamento del solvente stendendolo longitudinalmente, senza eccedere, per evitare indebolimenti della giunzione stessa;
 - g) spingere immediatamente il tubo, senza ruotarlo, nell'interno del bicchiere e mantenerlo in tale posizione almeno per 10 secondi;
 - h) asportare l'eccesso di collante dall'orlo del bicchiere;
 - i) attendere almeno un'ora prima di maneggiare i tubi giuntati;
 - l) effettuare le prove idrauliche solo quando siano trascorse almeno 24 ore.
- B) Giunti di tipo elastico (giunto semplice od a manicotto del tipo elastico con guarnizione elastomerica) .
- a) Provvedere ad una accurata pulizia delle parti da congiungere, assicurandosi che siano integre: togliere provvisoriamente la guarnizione elastomerica qualora fosse presente nella sua sede;
 - b) segnare sulla parte maschio del tubo (punta), una linea di riferimento. A tale scopo si introduce la punta nel bicchiere fino a rifiuto, segnando la posizione raggiunta. Si ritira il tubo di 3 mm per ogni metro di interasse. Tra due giunzioni (in ogni caso tale ritiro non deve essere inferiore a 10 mm), si segna sul tubo tale nuova posizione che costituisce la linea di riferimento prima accennata;
 - c) inserire in modo corretto la guarnizione elastomerica di tenuta nella sua sede nel bicchiere;
 - d) lubrificare la superficie interna della guarnizione e la superficie esterna della punta con apposito lubrificante (grasso od olio siliconato, vaselina, acqua saponosa, ecc.);
 - e) infilare la punta nel bicchiere fino alla linea di riferimento, facendo attenzione che la guarnizione non esca dalla sua sede. La perfetta riuscita di questa operazione dipende esclusivamente dal preciso allineamento dei tubi e dall'accurata lubrificazione;
 - f) le prove idrauliche possono essere effettuate non appena eseguita la giunzione.

Per effettuare tanto una giunzione rigida quanto una giunzione elastica, il tubo alla sua estremità liscia va tagliato normalmente al suo asse con una sega a denti fini oppure con una fresa. L'estremità così ricavata, per essere introdotta nel rispettivo bicchiere, deve essere smussata secondo un'angolazione precisata dalla ditta costruttrice (normalmente 15°) mantenendo all'orlo uno spessore (crescente col diametro), anch'esso indicato dal produttore.

10.4.1 Movimentazione

Tutte le operazioni di cui appresso per trasporto, carico, scarico, accatastamento, ed anche per posa in opera devono essere effettuate con cautela ancora maggiore alle basse temperature (perché aumentano le possibilità di rotture o fessurazione dei tubi).

Trasporto

Nel trasporto bisogna supportare i tubi per tutta la loro lunghezza onde evitare di danneggiare le estremità a causadelle vibrazioni.

Si devono evitare urti, inflessioni e sporgenze eccessive, contatti con corpi taglienti ed acuminati.

Le imbragature per il fissaggio del carico possono essere realizzate con funi o bande di canapa, di nylon o similari; se si usano cavi d'acciaio, i tubi devono essere protetti nelle zone di contatto. Si deve fare attenzione affinché i tubi, generalmente provvisti di giunto ad una delle estremità, siano adagiati in modo che il giunto non provochi una loro inflessione; se necessario si può intervenire con adatti distanziatori tra tubo e tubo.

Nel caricare i mezzi di trasporto, si adageranno prima i tubi più pesanti, onde evitare la deformazione di quelli più leggeri.

Qualora il trasporto venga effettuato su autocarri, i tubi non dovranno sporgere più di un metro dal piano di carico.

Durante la movimentazione in cantiere e soprattutto durante il defilamento lungo gli scavi, si deve evitare il trascinamento dei tubi sul terreno, che potrebbe provocare danni irreparabili dovuti a rigature profonde prodotte da sassi o da altri oggetti acuminati.

Carico e scarico

Queste operazioni devono essere effettuate con grande cura. I tubi non devono essere né buttati, né fatti strisciare sulle sponde degli automezzi caricandoli o scaricandoli dai medesimi; devono invece essere sollevati ed appoggiati con cura.

Accatastamento e deposito

I tubi lisci devono essere immagazzinati su superfici piane prive di parti taglienti e di sostanze che potrebbero intaccare i tubi.

I tubi bicchierati, oltre alle avvertenze di cui sopra, devono essere accatastati su traversini di legno, in modo che i bicchieri della fila orizzontale inferiore non subiscano deformazioni; inoltre i bicchieri stessi devono essere sistemati alternativamente dall'una e dall'altra parte della catasta in modo da essere sporgenti (in questo modo i bicchieri non subiscono sollecitazioni ed i tubi si presentano appoggiati lungo un'intera generatrice).

I tubi devono essere accatastati ad un'altezza non superiore a 1,50 m (qualunque sia il loro diametro), per evitare possibili deformazioni nel tempo.

Se i tubi non vengono adoperati per un lungo periodo, devono essere protetti dai raggi solari diretti con schermi opachi che però non impediscano una regolare aerazione.

Qualora i tubi venissero spediti in fasci legati con gabbie, è opportuno seguire, per il loro accatastamento, le istruzioni del produttore. Nei cantieri dove la temperatura ambientale può superare agevolmente e per lunghi periodi i 25 °C, è da evitare l'accatastamento di tubi infilati l'uno nell'altro, che provocherebbe l'ovalizzazione, per eccessivo peso, dei tubi sistemati negli strati inferiori.

Raccordi e accessori

I raccordi e gli accessori vengono in generale forniti in appositi imballaggi. Se invece sono sfusi si dovrà evitare, in fase di immagazzinamento e di trasporto, di ammucchiarli disordinatamente così come si dovrà evitare che possano deformarsi o danneggiarsi per urti tra loro o con altri materiali pesanti.

Tutti i prodotti e/o materiali impiegati, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

10.6 POZZETTI

I pozzetti di ispezione dovranno essere costituiti da elementi in cls prefabbricati, ovvero realizzati in opera in cls o muratura. La dimensione interna minima dei pozzetti di ispezione quadrati o rettangolari dovrà essere di 70x70cm. Qualora circolari, i pozzetti dovranno avere diametro interno minimo pari a 70 cm. Tutti i pozzetti dovranno essere dotati di pioli alla marinara antiscivolo con rilievo fermapiede.

I pioli dovranno essere in acciaio inox oppure in acciaio interamente rivestito con materiali plastici anticorrosivi, di dimensioni minime pari a 15 cm di pedata e 30 cm di larghezza, posizionati ogni 33cm lungo una delle pareti del pozzetto non interessate dall'innesto delle tubazioni.

La distanza massima tra il filo esterno dei pioli e la parete posta di fronte agli stessi dovrà essere pari a 60 cm. La distanza tra due pozzetti di linea dovrà essere di norma pari a 50 m. In tutti i casi tale distanza non dovrà mai superare i 70 m.

Dovrà essere possibile la verifica della corretta funzionalità idraulica delle tubazioni anche dal piano stradale, pertanto, in corrispondenza dei pozzetti, si provvederà a sagomare il fondo del pozzetto per evitare ristagni (Figura 3) con formazione di canaletta di scorrimento di altezza pari alla massima altezza delle tubazioni presenti e banchine di raccordo laterali con pendenza delle stesse verso la tubazione compresa tra lo 0,3% ed il 3%.

La canaletta di scorrimento dovrà essere protetta e rivestita tramite prolungamento della tubazione all'interno del pozzetto e opportunamente raccordata alle banchine laterali.

Qualora la velocità e le caratteristiche del refluo lo richiedano, sia il fondo del pozzetto che le banchine laterali andranno rivestite con materiale che offra opportuna resistenza all'abrasione e all'eventuale attacco da agenti chimici (piastrelle in grès, materiali lapidei o altro equivalente).

Tutte le pareti interne del pozzetto dovranno essere protette con resine anticorrosive, epossidiche o bituminose, con spessore minimo di 0,6 mm.

Le giunzioni tra gli elementi prefabbricati (base ed elementi di rialzo) dovranno essere dotate di guarnizioni elastomeriche di tenuta e stuccate in malta cementizia sulla parete interna per garantire la tenuta idraulica del pozzetto.

In tutti i casi dovrà essere assicurata la presenza di almeno una banchina laterale di appoggio, al di sotto dei pioli, di dimensioni minime 30 cm x 70 cm.

L'orientamento delle botole dovrà essere tale da garantire l'apertura del coperchio opposta al senso di marcia del traffico veicolare.

Nel caso siano presenti tratti fognari in pressione, su questi dovranno essere realizzati pozzetti a interdistanza massima di 150 m con interruzione del tubo con raccordo a T e tappo flangiato per consentire la futura ispezione, pulizia e manutenzione del condotto.

10.6.1 Pozzetto di curva, incrocio o innesto

In corrispondenza di curve, incroci e innesti dovrà sempre essere posizionato un pozzetto di ispezione.

Nei pozzetti o camere di curva, incrocio o innesto si dovrà assicurare il regolare deflusso dei reflui, pertanto sarà necessario ridurre al minimo le perdite di carico: sono assolutamente da evitare gli spigoli vivi e gli innesti perpendicolari al flusso principale. Tutti i cambi di direzione dovranno essere realizzati con raggio di curvatura minimo pari a 3 volte il diametro della condotta. In alternativa si potranno eseguire raccordi con angolo compreso fra 30 e 45 gradi, essendo questo l'angolo esterno compreso fra le direttrici delle due tubazioni da raccordare.

10.6.2 Pozzetto di salto

Si intendono con questa denominazione i pozzetti utilizzati per limitare la velocità massima del refluo mediante risalto idraulico e brusca variazione di direzione del flusso.

Il risalto idraulico dovrà avvenire all'interno del pozzetto e le parti di questo più esposte all'azione meccanica della corrente dovranno essere adeguatamente protette e rivestite con materiale che offra opportuna resistenza all'abrasione (fondelli in grès, materiali lapidei o altro equivalente).

Per condotte fino a 500 mm di diametro nominale, il salto dovrà essere realizzato con un tronco di tubazione verticale fissato alla parete del pozzetto e collegato al tronco di monte tramite raccordo a T

dotato di tappo di ispezione (Figura 9). Per condotte di diametro nominale superiore a 500 mm si potrà realizzare il salto direttamente nel pozzetto stesso previo rivestimento della parete interna del pozzetto, potenzialmente investita dal flusso, con materiale che offra opportuna resistenza all'abrasione (Figura 10).

In entrambi i casi il manufatto dovrà essere ispezionabile dall'esterno mediante botola così come indicato per i pozzetti di ispezione. In particolare dovrà essere assicurata un'area libera per il passaggio di dimensione minima 70x70 cm (o circolare di diametro 70 cm) all'interno del pozzetto.

I pioli di accesso dovranno essere posizionati su una parete non interessata da condotte.

10.6.3 Botole

Sia per le reti nere che per le reti bianche si utilizzeranno botole in ghisa sferoidale a norma UNI ISO 1083 con resistenza a rottura in conformità alla norma UNI EN 124/95, prodotti da aziende certificate ISO 9001, con marchio abilitante in evidenza, rivestite con vernice bituminosa, con coperchio con superficie antisdrucchiolo e marcatura riportante la classe di resistenza, la norma di riferimento e l'identificazione del produttore.

Le caratteristiche minime delle botole dovranno essere le seguenti:

Botola di ispezione

Classe minima D400 e peso minimo telaio e coperchio 97 kg, costituita da:

- coperchio tondo fissato al telaio con un dispositivo di vincolo, bloccaggio di sicurezza in posizione di apertura con un angolo di almeno 100°;
- telaio quadrato con dimensione di passaggio non minore di 600 mm, dimensione esterna minima di 850x850 mm e altezza di almeno 100 mm con fori e alveoli per ottimizzare l'ancoraggio al pozzetto;
- guarnizione in elastomero continua antirumore e antibasculamento;
- coperchio e telaio devono essere rivestiti con prodotti non tossici e non inquinanti.

10.6.4 Pozzetti di progetto

Pozzetto in calcestruzzo ad alta resistenza C35/45 armato e vibrato, per accesso ispezione e aerazione dei sistemi di scarico o di fogne, per convogliamento acqua fognarie, meteoriche o superficiali.

Sezione quadrata, conformi alla norma UNI-EN 1917:2002, soggetti a marchi CE, completi di prolunghe e chiusini in ghisa sferoidale.

Pozzetto di raccordo di tipo carrabile: 80x80x100 realizzato con elemento di cemento vibrato con impronte laterali per l'immissione dei tubi. Spessore 15 cm, peso 1630 kg.

Posto in opera compreso ogni onere per l'allaccio a tenuta delle tubazioni, incluso lo scavo, rinfianco con calcestruzzo e reinterro.

Pozzetto di raccordo di tipo carrabile: 120x120x100 realizzato con elemento di cemento vibrato con impronte laterali per l'immissione dei tubi. Spessore 15 cm, peso 2510 kg.

Posto in opera compreso ogni onere per l'allaccio a tenuta delle tubazioni, incluso lo scavo, rinfianco con calcestruzzo e reinterro.

10.6.5 Chiusini

Chiusino in ghisa sferoidale EN 124 composto da coperchio circolare articolato al telaio con sistema che ne garantisce il centraggio automatico in fase di chiusura, dotato di bloccaggio anti chiusura accidentale e sfilabile dal telaio, in posizione totalmente aperta, senza smontaggio di particolari della articolazione; guarnizione circolare continua, antirumore ed antibasculamento, in policloroprene applicata al coperchio; telaio munito di alveoli per ottimizzarne la presa nella malta cementizia e 4 fori Ø 25 mm. per l'eventuale fissaggio al pozzetto. Classe D400.

11 IMPIANTO ELETTRICO

11.1 IDENTIFICAZIONE dell'opera

Progetto impianto elettrico redatto in ottemperanza alle norme CEI vigenti ed alle disposizioni del **decreto 22/1/08, n° 37** riguardante gli impianti elettrici a servizio di impianto di illuminazione pubblica parcheggio per autoveicoli.

Il progetto è costituito da:

- modalità di esecuzione degli impianti e descrizione dei materiali
- planimetrie
- schemi dei quadri elettrici
- calcoli e dimensionamenti

Gli impianti elettrici per l'alimentazione provvisoria di apparecchiature (assimilabili ad impianti elettrici di cantiere) non sono oggetto del presente progetto.

L'impianto provvisorio dovrà comunque essere realizzato secondo le norme CEI 64 vigenti.

11.2 luoghi di installazione

L'impianto di illuminazione in oggetto dovrà essere realizzato per l'illuminazione pubblica di parcheggio per autoveicoli installato nel Comune di Orzinuovi.

CLASSIFICAZIONE del sistema di illuminazione

L'impianto in oggetto è del tipo in **derivazione**: impianto i cui centri luminosi sono derivati dalla linea di alimentazione e risultano in parallelo tra loro.

Impianto di gruppo B

Impianto in derivazione con tensione nominale non superiore a 1000 V corrente alternata e 1500 V corrente continua, esclusi gli impianti di gruppo A (Impianto alimentato a bassissima tensione di sicurezza e rispondente alle prescrizioni di cui al punto 411. 1 della Norma CEI 64-8).

11.3 CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI ELETTRICI

Gli impianti hanno origine direttamente a valle dei punti di consegna dell'energia da parte dell'ente distributore (forniture trifase con neutro).

Il punto di consegna avviene nell'apposito vano misure ENEL esistente posizionato secondo le indicazioni degli schemi planimetrici di progetto allegati.

L'alimentazione dell'impianto viene effettuata alla tensione di 400V con sistema trifase.

L'impianto di illuminazione in oggetto dovrà essere realizzato mediante l'impiego di apparecchiature di classe II.

In relazione alla loro tensione nominale i sistemi elettrici presenti nell'impianto sono appartenenti ai sistemi di categoria I in corrente alternata ($50 < V < 1000$).

11.4 DATI DELL'ALIMENTAZIONE ELETTRICA

punto di consegna	Quadro Generale Q.G. – Gruppo di misura ENEL
tensione nominale e massima variazione	$(400 \pm 5 \%) \text{ V}$
frequenza nominale	$(50 \pm 2 \%) \text{ Hz}$
lcc presunta nel punto di consegna	< 6 kA trifase
sistema di distribuzione	impianto in classe II
tensione nominale degli utilizzatori e delle apparecchiature BT	230 V

12 CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI : PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI

12.1 REQUISITI DI RISPONDENZA A NORME, LEGGI E REGOLAMENTI DELL'IMPIANTO IN OGGETTO PER LA VERIFICA DELLE CONFORMITA'

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte. Sono da considerare eseguiti a regola d'arte gli impianti realizzati secondo le norme del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) secondo l'art. 2 della **Legge 1 marzo 1968, n. 186**. Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti ed, in particolare, essere conformi:

- alle prescrizioni e indicazioni dell'ENEL o comunque, dell'Azienda locale distributrice dell'energia elettrica;
- alle prescrizioni delle norme CEI:

CEI 64-8/1 (f.4131) impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500V in c.c. Parte 1: Oggetto scopo e principi fondamentali

CEI 64-8/2 (f.4132) impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500V in c.c. Parte 2: Definizioni

CEI 64-8/3 (f.4133) impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500V in c.c. Parte 3: Caratteristiche generali

CEI 64-8/4 (f.4134) impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500V in c.c. Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza

CEI 64-8/5 (f.4135) impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500V in c.c. Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici

CEI 64-8/6 (f.4136) impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500V in c.c. Parte 6: Verifiche

CEI 64-8/7 (f.4137) impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500V in c.c. Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari (ambienti a maggior rischio in caso di incendio)

CEI 64-8 Sez. 714 Impianti di illuminazione situati all'esterno

CEI 11-4 (f.1192) esecuzione delle linee elettriche aeree esterne

CEI 11-17 (f.1890) linee in cavo

CEI 20-40 (f.1772G)	guida per l'uso dei cavi a bassa tensione
CEI 20-19 (f.2947..)	cavi isolati in gomma per tensioni fino a 450/750 V
CEI 20-31 1982 I ed.	cavi isolati in polietilene reticolato con tensione non superiore a 1kV
CEI 20-32 1983 I ed.	cavi con neutro concentrico isolati con gomma etilpropilenica con tensione non superiore a 1kV
CEI 20-38 1991 II ed.	cavi isolati in gomma non propaganti l'incendio con tensione non superiore a 1kV
CEI 20-33 1984 I ed.	giunzioni e terminazioni per cavi di energia
CEI 17-48 1992 II ed.	morsettiere per conduttori in rame
CEI 34-21 1994 IV ed.	apparecchi di illuminazione. Prescrizioni generali
CEI 34-33 1991 II ed.	apparecchi di illuminazione stradale
CEI 17-13/1 (f.4152C)	quadri BT
CEI 11-1 (f.5025)	Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - Norme generali
CEI 23-51(f.2731)	quadri per usi domestici e similari
CEI 23-3 (f.1550)	interruttori automatici, usi domestici e similari
CEI 23-50 (f.2730)	prese a spina per usi domestici e similari
CEI 23-8 (f.335)	tubi protettivi rigidi in PVC
CEI 23-9 (f.2864)	apparecchi di comando non automatici
CEI 23-12 (f.1936+1949E)	prese a spina per usi industriali
CEI 23-14 (f.297)	tubi protettivi flessibili in PVC

CEI 23-44 (f.2396E)	interruttori differenziali
CEI 23-25 (f.1176)	tubi per installazioni elettriche
UNI EN 40	dimensionamenti meccanici
Legge N°17 del 30-3-2000 Regione Lombardia e successive modificazioni	misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso
Legge n°186 del 1-3-68	Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchi., macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici

13 SCELTA E MESSA IN OPERA DELLE CONDUTTURE

13.1 Generalità

Una condotta è costituita dall'insieme di uno o più conduttori elettrici e dagli elementi, tubi o canali, che assicurano il loro isolamento, il loro supporto, il loro fissaggio, la loro protezione meccanica ed è individuata da:

il tipo di posa;
il tipo di cavo;
l'ubicazione.

I tipi di posa ammessi dalla nuova edizione della Norma CEI 64-8 e la compatibilità con i conduttori ed i cavi che devono essere installati, sono riassunti nella Tabella 3.1.

Tabella 3.1 *Compatibilità di conduttori e cavi con i tipi di posa*

Conduttori e cavi		Tipo di posa							
		Senza fissaggi	Fissaggio diretto su parete	Tubi protettivi (di forma circolare)	Canali (compresi i canali incassati nel pavimento)	Tubi protettivi (di forma non circolare)	Passerelle e su mensole	Su isolatori	Con filo o corda di supporto
Conduttori nudi		-	-	-	-	-	-	+	-
Cavi senza guaina		-	-	+	+	+	-	+	-
Cavi con guaina (compresi i cavi provvisti di armatura e quelli con isolamento minerale)	Multipolari	+	+	+	+	+	+	*	+
	Unipolari	*	+	+	+	+	+	*	+

Legenda:

- + permesso
- non permesso
- * non applicabile o non usato in genere nella pratica

Per quanto concerne l'ubicazione, l'articolo 521.3 e la relativa Tabella 52 C della Norma CEI 64-8 prevedono le seguenti possibilità:

incassata nella struttura (sotto traccia);
montaggio sporgente;
interrata;
entro cunicolo;
entro cavità di strutture;
aerea;
immersa.

14 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

14.1 CADUTA DI TENSIONE

La caduta di tensione tra l'origine dell'impianto utilizzatore e qualunque apparecchio utilizzatore, sarà contenuta entro il 4% della tensione nominale dell'impianto come consigliato dall'art. 525 della norma CEI 64-8.

14.2 CONNESSIONI

Le connessioni tra conduttori e conduttori e tra conduttori e altri componenti elettrici saranno eseguiti con appositi dispositivi di connessione (morsetti con o senza vite) come indicato nella norma CEI 23-20 e aventi grado di protezione IPXXB che indica che le parti attive non sono accessibili al dito di prova (norma CEI 23-21 e 70-1) ed in modo tale da garantire una adeguata robustezza meccanica e continuità elettrica.

Nell'esecuzione delle connessioni non si deve ridurre la sezione dei conduttori e lasciare parti attive scoperte.

Le connessioni saranno realizzate in cassette tali da garantire una sufficiente protezione meccanica.

14.3 DISTRIBUZIONE IN CAVO

PORTATA DEI CAVI

La portata di un cavo dipende dalla sezione, dal tipo di conduttore e dall'isolante, ma anche dalla temperatura ambiente e dalle condizioni di posa.

Secondo la norma CEI-UNEL 35024/1 (fascicolo 3516), per determinare la portata di un cavo si deve tener conto di due fattori di correzione k_1 e k_2 che dipendono dalla temperatura ambiente se diversa da 30 °C e dalle modalità di installazione.

Nella norma vengono riportate Tabelle che specificano le portate dei cavi con conduttori di rame unipolari e multipolari.

Per facilitare il compito di determinare la portata dei cavi, sono state predisposte le seguenti Tabelle, nelle quali si può leggere direttamente la portata I_z dei cavi a 30 °C, nelle condizioni di posa più usuali. Ciò evita di individuare prima la portata I_0 del singolo circuito o cavo multipolare, poi di andare alla ricerca del fattore k_2 adatto al caso e di eseguire la moltiplicazione.

Tabella 4.1 Cavi unipolari senza guaina posati in tubo o in canale

Sez. [mm²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di circuiti																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	17,5	23	14	18,5	12,5	16	11,5	15	10,5	14	10	13	9,5	12,5	9	12	9	11,5	8,5	11
	3	15,5	20	12,5	16	11	14	10	13	9,5	12	9	11,5	8,5	11	8	10,5	8	10	7,5	9,5
2,5	2	24	31	19	25	17	22	15,5	20	14,5	18,5	13,5	17,5	13	16,5	12,5	16	12	15,5	11,5	15
	3	21	28	17	22	14,5	19,5	13,5	18	12,5	17	12	16	11,5	15	11	14,5	10,5	14	10	13,5
4	2	32	42	26	34	22	29	21	27	19	25	18	24	17,5	23	16,5	22	16	21	15,5	20
	3	28	37	22	30	19,5	26	18	24	17	22	16	21	15	20	14,5	19	14	18,5	13,5	18
6	2	41	54	33	43	29	38	27	35	25	32	23	31	22	29	21	28	21	27	19,5	26
	3	36	48	29	38	25	34	23	31	22	29	21	27	19,5	26	18,5	25	18	24	17,5	23
10	2	57	75	46	60	40	53	37	49	34	45	32	43	31	41	30	39	29	38	27	36
	3	50	66	40	53	35	46	33	43	30	40	29	38	27	36	26	34	25	33	24	32
16	2	76	100	61	80	53	70	49	65	46	60	43	57	41	54	40	52	38	50	36	48
	3	68	88	54	70	48	62	44	57	41	53	39	50	37	48	35	46	34	44	33	42
25	2	101	133	81	106	71	93	66	86	61	80	58	76	55	72	53	69	51	67	48	64
	3	89	117	71	94	62	82	58	76	53	70	51	67	48	63	46	61	45	59	43	56
35	2	125	164	100	131	88	115	81	107	75	98	71	93	68	89	65	85	63	82	60	79
	3	110	144	88	115	77	101	72	94	66	86	63	82	59	78	57	75	55	72	53	69
50	2	151	198	121	158	106	139	98	129	91	119	86	113	82	107	79	103	76	99	72	95
	3	134	175	107	140	94	123	87	114	80	105	76	100	72	95	70	91	67	88	64	84
70	2	192	253	154	202	134	177	125	164	115	152	109	144	104	137	100	132	96	127	92	121
	3	171	222	137	178	120	155	111	144	103	133	97	127	92	120	89	115	86	111	82	107
95	2	232	306	186	245	162	214	151	199	139	184	132	174	125	165	121	159	116	153	111	147
	3	207	269	166	215	145	188	135	175	124	161	118	153	112	145	108	140	104	135	99	129
120	2	269	354	215	283	188	248	175	230	161	212	153	202	145	191	140	184	135	177	129	170
	3	239	312	191	250	167	218	155	203	143	187	136	178	129	168	124	162	120	156	115	150
150	2	309	402	247	322	216	281	201	261	185	241	176	229	167	217	161	209	155	201	148	193
	3	275	355	220	284	193	249	179	231	165	213	157	202	149	192	143	185	138	178	132	170
185	2	353	472	282	378	247	330	229	307	212	283	201	269	191	255	184	245	177	236	169	227
	3	314	417	251	334	220	292	204	271	188	250	179	238	170	225	163	217	157	209	151	200
240	2	415	555	332	444	291	389	270	361	249	333	237	316	224	300	216	289	208	278	199	266
	3	369	490	295	392	258	343	240	319	221	294	210	279	199	265	192	255	185	245	177	235

La Tabella 4.1 vale per i tipi di posa sotto riportati, estrapolati dalla Tabella 52.C della Norma CEI 64-8: Tipi di posa:

- 3 - Tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti
- 4 - Tubi protettivi non circolari posati su pareti
- 5 - Tubi protettivi annegati nella muratura
- 22 - Tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture
- 23 - Tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture
- 24 - Tubi protettivi non circolari annegati nella muratura
- 31 - Canali posati su parete con percorso orizzontale
- 32 - Canali posati su parete con percorso verticale
- 33 - Canali incassati nel pavimento
- 34 - Canali sospesi
- 41 - Tubi protettivi circolari posati entro cunicoli chiusi, con percorso orizzontale o verticale
- 42 - Tubi protettivi circolari posati entro cunicoli ventilati incassati nel pavimento
- 72 - Canali provvisti di elementi di separazione

Tabella 4.2 Cavi multipolari posati in tubo o in canale

Sez. [mm²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di cavi multipolari																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	16,5	22	13	17,5	11,5	15,5	10,5	14,5	10	13	9,5	12,5	9	12	8,5	11,5	8,5	11	8	10,5
	3	15	19,5	12	15,5	10,5	13,5	10	12,5	9	11,5	8,5	11	8	10,5	8	10	7,5	10	7	9,5
2,5	2	23	30	18,5	24	16	21	15	19,5	14	18	13	17	12,5	16	12	15,5	11,5	15	11	14,5
	3	20	26	16	21	14	18	13	17	12	15,5	11,5	15	11	14	10,5	13,5	10	13	9,5	12,5
4	2	30	40	24	32	21	28	19,5	26	18	24	17	23	16	22	15,5	21	15	20	14,5	19
	3	27	35	22	28	19	25	17,5	23	16	21	15,5	20	14,5	19	14	18	13,5	17,5	13	17
6	2	38	51	30	41	27	36	25	33	23	31	22	29	21	28	20	27	19	26	18	24
	3	34	44	27	35	24	31	22	29	20	26	19,5	25	18,5	24	17,5	23	17	22	16,5	21
10	2	52	69	42	55	36	48	34	45	31	41	30	39	28	37	27	36	26	35	25	33
	3	46	60	37	48	32	42	30	39	28	36	26	34	25	32	24	31	23	30	22	29
16	2	69	91	55	73	48	64	45	59	41	55	39	52	37	49	36	47	35	46	33	44
	3	62	80	50	64	43	56	40	52	37	48	35	46	33	43	32	42	31	40	30	38
25	2	90	119	72	95	63	83	59	77	54	71	51	68	49	64	47	62	45	60	43	57
	3	80	105	64	84	56	74	52	68	48	63	46	60	43	57	42	55	40	53	38	50
35	2	111	146	89	117	78	102	72	95	67	88	63	83	60	79	58	76	56	73	53	70
	3	99	128	79	102	69	90	64	83	59	77	56	73	53	69	51	67	50	64	48	61
50	2	133	175	106	140	93	123	86	114	80	105	76	100	72	95	69	91	67	88	64	84
	3	118	154	94	123	83	108	77	100	71	92	67	88	64	83	61	80	59	77	57	74
70	2	168	221	134	177	118	155	109	144	101	133	96	126	91	119	87	115	84	111	81	106
	3	149	194	119	155	104	136	97	126	89	116	85	111	80	105	77	101	75	97	72	93
95	2	201	265	161	212	141	186	131	172	121	159	115	151	109	143	105	138	101	133	96	127
	3	179	233	143	186	125	163	116	151	107	140	102	133	97	126	93	121	90	117	86	112
120	2	232	305	186	244	162	214	151	198	139	183	132	174	125	165	121	159	116	153	111	146
	3	206	268	165	214	144	188	134	174	124	161	117	153	111	145	107	139	103	134	99	129
150	2	258	334	206	267	181	234	168	217	155	200	147	190	139	180	134	174	129	167	124	160
	3	225	300	180	240	158	210	146	195	135	180	128	171	122	162	117	156	113	150	108	144
185	2	294	384	235	307	206	269	191	250	176	230	168	219	159	207	153	200	147	192	141	184
	3	255	340	204	272	179	238	166	221	153	204	145	194	138	184	133	177	128	170	122	163
240	2	344	459	275	367	241	321	224	298	206	275	196	262	186	248	179	239	172	230	165	220
	3	297	398	238	318	208	279	193	259	178	239	169	227	160	215	154	207	149	199	143	191

300	2	394	532	315	426	276	372	256	346	236	319	225	303	213	287	205	277	197	266	189	255
	3	339	455	271	364	237	319	220	296	203	273	193	259	183	246	176	237	170	228	163	218

La Tabella 4.2 vale per i tipi di posa sotto riportati, estrapolati dalla Tabella 52.C della Norma CEI 64-8.

Tipi di posa:

3A - Tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti

4A - Tubi protettivi non circolari posati su pareti

5A - Tubi protettivi annegati nella muratura

21 - Cavità di strutture

22A - Tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture

25 - Controsoffitti e pavimenti sopraelevati

Tabella 4.3 Cavi multipolari posati in fascio, su passarelle perforate o mensole

Sez. [mm²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di cavi multipolari																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	22	26	17,5	21	15,5	18	14,5	17	13	15,5	12,5	15	12	14	11,5	13,5	11	13	10,5	12,5
	3	18,5	23	15	18,5	13	16	12	15	11	14	10,5	13	10	12,5	9,5	12	9,5	11,5	9	11
2,5	2	30	36	24	29	21	25	19,5	24	18	22	17	21	16	19,5	15,5	18,5	15	18	14,5	17,5
	3	25	32	20	26	17,5	22	16,5	21	15	19	14,5	18	13,5	17,5	13	16,5	12,5	16	12	15,5
4	2	40	49	32	39	28	34	26	32	24	29	23	28	22	26	21	25	20	25	19	24
	3	34	42	27	34	24	29	22	27	20	25	19,5	24	18,5	23	17,5	22	17	21	16,5	20
6	2	51	63	41	50	36	44	33	41	31	38	29	36	28	34	27	33	26	32	24	30
	3	43	54	34	43	30	38	28	35	26	32	25	31	23	29	22	28	22	27	21	26
10	2	70	86	56	69	49	60	46	56	42	52	40	49	38	46	36	45	35	43	34	41
	3	60	75	48	60	42	53	39	49	36	45	34	43	32	41	31	39	30	38	29	36
16	2	94	115	75	92	66	81	61	75	56	69	54	66	51	62	49	60	47	58	45	55
	3	80	100	64	80	56	70	52	65	48	60	46	57	43	54	42	52	40	50	38	48
25	2	119	149	95	119	83	104	77	97	71	89	68	85	64	80	62	77	60	75	57	72
	3	101	127	81	102	71	89	66	83	61	76	58	72	55	69	53	66	51	64	48	61
35	2	148	185	118	148	104	130	96	120	89	111	84	105	80	100	77	96	74	93	71	89
	3	126	158	101	126	88	111	82	103	76	95	72	90	68	85	66	82	63	79	60	76
50	2	180	225	144	180	126	158	117	146	108	135	103	128	97	122	94	117	90	113	86	108
	3	153	192	122	154	107	134	99	125	92	115	87	109	83	104	80	100	77	96	73	92
70	2	232	289	186	231	162	202	151	188	139	173	132	165	125	156	121	150	116	145	111	139
	3	196	246	157	197	137	172	127	160	118	148	112	140	106	133	102	128	98	123	94	118
95	2	282	352	226	282	197	246	183	229	169	211	161	201	152	190	147	183	141	176	135	169
	3	238	298	190	238	167	209	155	194	143	179	136	170	129	161	124	155	119	149	114	143
120	2	328	410	262	328	230	287	213	267	197	246	187	234	177	221	171	213	164	205	157	197
	3	276	346	221	277	193	242	179	225	166	208	157	197	149	187	144	180	138	173	132	166
150	2	379	473	303	378	265	331	246	307	227	284	216	270	205	255	197	246	190	237	182	227
	3	319	399	255	319	223	279	207	259	191	239	182	227	172	215	166	207	160	200	153	192
185	2	434	542	347	434	304	379	282	352	260	325	247	309	234	293	226	282	217	271	208	260
	3	364	456	291	365	255	319	237	296	218	274	207	260	197	246	189	237	182	228	175	219
240	2	514	641	411	513	360	449	334	417	308	385	293	365	278	346	267	333	257	321	247	308
	3	430	538	344	430	301	377	280	350	258	323	245	307	232	291	224	280	215	269	206	258

300	2	593	741	474	593	415	519	385	482	356	445	338	422	320	400	308	385	297	371	285	356
	3	497	621	398	497	348	435	323	404	298	373	283	354	268	335	258	323	249	311	239	298

Tabella 4.4 Cavi multipolari posati in strato, su passarelle perforate

Sez. [mm²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																	
		Numero di cavi multipolari																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	22	26	19,5	23	18	21	17	20	16,5	19,5	16	19	16	19	16	18,5	16	18,5
	3	18,5	23	16,5	20	15	19	14	17,5	14	17,5	13,5	17	13,5	17	13,5	16,5	13,5	16,5
2,5	2	30	36	26	32	25	30	23	28	23	27	22	26	22	26	22	26	22	26
	3	25	32	22	28	21	26	19,5	25	19	24	18,5	23	18,5	23	18	23	18	23
4	2	40	49	35	43	33	40	31	38	30	37	29	36	29	36	29	35	29	35
	3	34	42	30	37	28	34	26	32	26	32	2	31	25	31	24	30	24	30
6	2	51	63	45	55	42	52	39	49	38	47	37	46	37	46	37	45	37	45
	3	43	54	38	48	35	44	33	42	32	41	31	39	31	39	31	39	31	39
10	2	70	86	62	76	57	71	54	66	53	65	51	63	51	63	50	62	50	62
	3	60	75	53	66	49	62	46	58	45	56	44	55	44	55	43	54	43	54
16	2	94	115	83	101	77	94	72	89	71	86	69	84	69	84	68	83	68	83
	3	80	100	70	88	66	82	62	77	60	75	58	73	58	73	58	72	58	72
25	2	119	149	105	131	98	122	92	115	89	112	87	109	87	109	86	107	86	107
	3	101	127	89	112	83	104	78	98	76	95	74	93	74	93	73	91	73	91
35	2	148	185	130	163	121	152	114	142	111	139	108	135	108	135	107	133	107	133
	3	126	158	111	139	103	130	97	122	95	119	92	115	92	115	91	114	91	114
50	2	180	225	158	198	148	185	139	173	135	169	131	164	131	164	130	162	130	162
	3	153	192	135	169	125	157	118	148	115	144	112	140	112	140	110	138	110	138
70	2	232	289	204	254	190	237	179	223	174	217	169	211	169	211	167	208	167	208
	3	196	246	172	216	161	202	151	189	147	185	143	180	143	180	141	177	141	177
95	2	282	352	248	310	231	289	217	271	212	264	206	257	206	257	203	253	203	253
	3	238	298	209	262	195	244	183	229	179	224	174	218	174	218	171	215	171	215
120	2	328	410	289	361	269	336	253	316	246	308	239	299	239	299	236	295	236	295
	3	276	346	243	304	226	284	213	266	207	260	201	253	201	253	199	249	199	249
150	2	379	473	334	416	311	388	292	364	284	355	277	345	277	345	273	341	273	341
	3	319	399	281	351	262	327	246	307	239	299	233	291	233	291	230	287	230	287
185	2	434	542	382	477	356	444	334	417	326	407	317	396	317	396	312	390	312	390
	3	364	456	320	401	298	374	280	351	273	342	266	333	266	333	262	328	262	328
240	2	514	641	452	564	421	526	396	494	386	481	375	468	375	468	370	462	370	462
	3	430	538	378	473	353	441	331	414	323	404	314	393	314	393	310	387	310	387
300	2	593	741	522	652	486	608	457	571	445	556	433	541	433	541	427	534	427	534

	3	497	621	437	546	408	509	383	478	373	466	363	453	363	453	358	447	388	447
--	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tabella 4.5 Cavi multipolari posati in strato, su mensole

Sezione [mm²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di cavi multipolari																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			
		PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	2	22	26	19	23	18	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17,5	21	17	20	17	20		
	3	18,5	23	16	20	15	19	15	18,5	15	18,5	14,5	18	14,5	18	14,5	18	14,5	18		
2,5	2	30	36	26	31	25	30	24	29	24	29	24	28	24	28	23	28	23	28		
	3	25	32	22	28	21	26	20	26	10	26	20	25	20	25	19,5	25	19,5	25		
4	2	40	49	35	43	33	40	32	39	32	39	32	39	32	39	31	38	31	38		
	3	34	42	30	37	28	34	27	34	27	34	27	33	27	33	27	33	27	33		
6	2	51	63	44	55	42	52	41	50	41	50	40	50	40	50	40	49	40	49		
	3	43	54	37	47	35	44	34	43	34	43	34	43	34	43	34	42	34	42		
10	2	70	86	61	75	57	71	56	69	56	69	55	68	55	68	55	67	55	67		
	3	60	75	52	65	49	62	48	60	48	60	47	59	47	59	47	59	47	59		
16	2	94	115	82	100	77	94	75	92	75	92	74	91	74	91	73	90	73	90		
	3	80	100	70	87	66	82	64	80	64	80	63	79	63	79	62	78	62	78		
25	2	119	149	104	130	98	122	95	119	95	119	94	118	94	118	93	116	93	116		
	3	101	127	88	110	83	104	81	102	81	102	80	100	80	100	79	99	79	99		
35	2	148	185	129	161	121	152	118	148	118	148	117	146	117	146	115	144	115	144		
	3	126	158	110	137	103	130	101	126	101	126	100	125	100	125	98	123	98	123		
50	2	180	225	157	196	148	185	144	180	144	180	142	178	142	178	140	176	140	176		
	3	153	192	133	167	125	157	122	154	122	154	121	152	121	152	119	150	119	150		
70	2	232	289	202	251	190	237	186	231	186	231	183	228	183	228	181	225	181	225		
	3	196	246	171	214	161	202	157	197	157	197	155	194	155	194	153	192	153	192		
95	2	282	352	245	306	231	289	226	282	226	282	223	278	223	278	220	275	220	275		
	3	238	298	207	259	195	244	190	238	190	238	188	235	188	235	186	232	186	232		
120	2	328	410	285	357	269	336	262	328	262	328	259	324	259	324	256	320	256	320		
	3	276	346	240	301	226	284	221	277	221	277	218	273	218	273	215	270	215	270		
150	2	379	473	330	412	311	388	303	378	303	378	299	374	299	374	296	369	296	369		
	3	319	399	278	347	262	327	255	319	255	319	252	315	252	315	249	311	249	311		
185	2	434	542	378	472	356	444	347	434	347	434	343	428	343	428	339	423	339	423		
	3	364	456	317	397	298	374	291	365	291	365	288	360	288	360	284	356	284	356		
240	2	514	641	447	558	421	526	411	513	411	513	406	506	406	506	401	500	401	500		
	3	430	538	374	468	353	441	344	430	344	430	340	425	340	425	335	420	335	420		

300	2	593	741	516	645	486	608	474	593	474	593	468	585	468	585	463	578	463	578
	3	497	621	432	540	408	509	398	497	398	497	393	491	393	491	388	484	388	484

14.4 ISOLAMENTO DEI CAVI

I cavi elettrici utilizzati nei sistemi di prima categoria debbono avere tensioni U_0/U non inferiori a 450/750 V (simbolo di designazione 07), dove:

U_0 = tensione nominale verso terra

U = tensione nominale.

Per i cavi utilizzati nei circuiti di comando e segnalazione le tensioni U_0/U non debbono essere inferiori a 300/500 V (simbolo di designazione 05).

Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore.

14.5 COLORI DISTINTIVI DEI CAVI

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle Tabelle CEI-UNEL 00722 e 00712. In particolare i conduttori di neutro e di protezione devono essere contraddistinti rispettivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde. I conduttori di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco, in tutto l'impianto, dai colori: nero, grigio cenere, marrone.

14.6 SEZIONI MINIME AMMESSE E CADUTE DI TENSIONE NEI CAVI

Le sezioni dei conduttori devono essere calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti; la caduta di tensione non deve superare il 4% della tensione a vuoto.

Le sezioni, scelte tra quelle unificate nelle Tabelle CEI-UNEL, devono garantire la portata di corrente prevista, per i diversi circuiti. In ogni caso le sezioni minime dei conduttori in rame sono:

- 0,1 mm² per circuiti di comando e di segnalazione ad installazione fissa destinati ad apparecchiature elettroniche;
- 0,5 mm² per circuiti di segnalazione e telecomando;
- 1,5 mm² per illuminazione di base, derivazione per prese a spina per apparecchi con potenza unitaria non superiore a 2,2 kW;
- 2,5 mm² per utilizzatori con potenza unitaria compresa tra 2,2 e 3,6 kW;
- 4 mm² per montanti singoli e linee che alimentano singoli apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 3,6 kW.

Per la verifica delle cadute di tensione massime ammissibili viene riportata nel seguito la Tabella 4.7 ricavata dalla Tabella UNEL 35023-70.

Tabella 4.7 *Cadute di tensione massime ammissibili per cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico aventi grado di isolamento non superiore a 4*

Sezione nominale	Cavi unipolari				Cavi bipolari		Cavi tripolari	
	Cadute di tensione				Cadute di tensione		Cadute di tensione	
	Corrente alternata				Corrente alternata		Corrente alternata	
	monofase		trifase		monofase		trifase	
	cos Φ 1	cos Φ 0,8	cos Φ 1	cos Φ 0,8	cos Φ 1	cos Φ 0,8	cos Φ 1	cos Φ 0,8
mm ²	mV/Am	mV/Am	mV/Am	mV/Am	mV/Am	mV/Am	mV/Am	mV/Am
1	44,2	35,6	38,3	30,8	45,0	36,1	39,0	31,3
1,5	29,7	23,9	25,7	20,7	30,2	24,3	26,1	21,0
2,5	17,8	14,4	15,4	12,5	18,2	14,7	15,7	12,7
4	11,1	9,08	9,65	7,87	11,4	9,21	9,85	7,98
6	7,41	6,10	6,42	5,28	7,56	6,16	6,54	5,34
10	4,47	3,72	3,87	3,22	4,55	3,73	3,94	3,24
16	2,82	2,39	2,44	2,07	2,87	2,39	2,48	2,07
25	1,78	1,55	1,54	1,34	1,81	1,55	1,57	1,34
35	1,28	1,15	1,11	0,993	1,31	1,14	1,13	0,988
50	0,947	0,878	0,820	0,760	0,967	0,866	0,838	0,750
70	0,656	0,641	0,568	0,555	0,669	0,624	0,579	0,541
95	0,473	0,494	0,410	0,428	0,484	0,476	0,419	0,412
120	0,375	0,413	0,325	0,358	0,383	0,394	0,332	0,342
150	0,306	0,356	0,265	0,308	0,314	0,341	0,272	0,295
185	0,246	0,306	0,213	0,265	0,251	0,289	0,217	0,250
240	0,189	0,259	0,163	0,224	0,193	0,245	0,167	0,212
300	0,152	0,229	0,132	0,198	0,156	0,215	0,135	0,186
400	0,121	0,202	0,105	0,175	0,125	0,189	0,108	0,164

(1) La temperatura di riferimento assunta è di 80 °C. I valori della Tabella sono applicabili, con sufficiente approssimazione, per tutti i cavi per energia, rigidi, semirigidi, o flessibili isolati con le varie qualità di gomma o di materiale termoplastico, aventi temperature caratteristiche fino a 85 °C.

(2) Per avere la caduta di tensione espressa in volt occorre moltiplicare i valori in Tabella per la corrente, in ampere, e per la lunghezza della linea in metri, e quindi dividere per 1000.

(3) La caduta di tensione dev'essere calcolata con i seguenti riferimenti:

- tra conduttore e conduttore in caso di corrente alternata monofase
- tra fase e fase nel caso di corrente alternata trifase.

(4) Nei casi in cui i valori di cos Φ sono diversi da quelli previsti nella Tabella, si può utilizzare la seguente formula per il calcolo della caduta di tensione:

$$\Delta V = k \cdot (R \cos \Phi + X \sin \Phi)$$

dove: ΔV = caduta di tensione per valori unitari di corrente e lunghezza

k = coefficiente (1 per linee monofasi, 1,73 per linee trifasi)

R = resistenza unitaria del cavo

X = reattanza unitaria del cavo

cosΦ = fattore di potenza.

Il valore ΔV deve essere moltiplicato per la corrente, per la lunghezza della linea e diviso per 1000.

14.7 SEZIONE MINIMA DI CONDUTTORI NEUTRI

I conduttori di neutro devono avere la stessa sezione dei conduttori di fase.

Per i conduttori dei circuiti polifasi, con sezione superiore a 16 mm^2 , se in rame (25 mm^2 se in alluminio), è ammesso il neutro di sezione ridotta, ma comunque non inferiore a 16 mm^2 (rame), 25 mm^2 (alluminio), purché siano soddisfatte le seguenti condizioni:

il carico sia essenzialmente equilibrato, e comunque il neutro di sezione ridotta assicuri la necessaria portata in servizio ordinario;

sia assicurata la protezione contro le sovracorrenti.

\

14.8 SEZIONE DEI CONDUTTORI DI TERRA E PROTEZIONE

La sezione dei conduttori di terra e protezione, può essere dedotta dalla Tabella 7.7.

Se dall'applicazione della Tabella 4.8 risulta una sezione non unificata occorre adottare il conduttore avente sezione unificata in eccesso rispetto al valore calcolato.

Tabella 4.8 *Sezione dei conduttori di terra e protezione*

Sezione S_f (mm^2) dei conduttori di fase dell'impianto	Sezione S_p (mm^2) del corrispondente conduttore di protezione
$S_f \leq 16$	$S_p = S_f$
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_p = S_f/2$

Se il conduttore di protezione non fa parte della stessa conduttura dei conduttori di fase, la sua sezione non deve essere minore di:

$2,5 \text{ mm}^2$ in presenza di una protezione meccanica;

4 mm^2 se non vi è alcuna protezione meccanica.

14.9 SEZIONE MINIMA DEL CONDUTTORE DI TERRA

La sezione del conduttore di terra deve essere calcolata sulla base dei criteri indicati all'art. 543.1 della Norma CEI 64-8. Tale sezione può essere ricavata dalla Tabella 4.9 che indica i valori minimi ammessi.

Tabella 4.9 *Sezioni minime dei conduttori di terra*

Caratteristica di posa del conduttore		
	Materiale	Sezione minima (mm^2)
Protetto contro la corrosione, ma non meccanicamente	rame	16
	ferro	16
Non protetto contro la corrosione	rame	25
	ferro	50

CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI

I conduttori equipotenziali devono essere conformi alle prescrizioni contenute nella sezione 708 della Norma CEI 64-8, che qui vengono sinteticamente riassunte:

Sezioni minime dei conduttori equipotenziali principali.

Detta S_e la sezione del conduttore equipotenziale dev'essere:

$$S_e \geq S_p/2$$

dove S_p è la sezione del conduttore di protezione principale.

Il valore minimo della sezione S_e dev'essere di 6 mm^2 .

Se il conduttore equipotenziale è in rame non è richiesta una sezione S_e maggiore di 25 mm^2 .

Se il conduttore equipotenziale è di altro materiale la sezione può non superare la sezione equivalente di quella del conduttore di rame di cui al precedente punto 3.

Sezioni minime dei conduttori equipotenziali supplementari.

Un conduttore equipotenziale supplementare che connette due masse deve avere sezione non inferiore a quella del conduttore di protezione di sezione minore.

Un conduttore equipotenziale supplementare che connette una massa a masse estranee deve avere sezione non inferiore a metà della sezione del corrispondente conduttore di protezione.

Un conduttore equipotenziale che connette fra di loro due masse estranee, o che connette una massa estranea all'impianto di terra, deve avere sezione non inferiore a $2,5 \text{ mm}^2$ se è prevista una protezione meccanica, 4 mm^2 se non è prevista una protezione meccanica.

Nel caso si utilizzino masse estranee per assicurare il collegamento equipotenziale supplementare, devono essere soddisfatte le prescrizioni indicate all'articolo 543.2.4 della Norma CEI 64-8.

14.10 RESISTENZA DI ISOLAMENTO

Per tutte le parti di impianto comprese fra due fusibili o interruttori automatici successivi o poste a valle dell'ultimo fusibile o interruttore automatico, la resistenza di isolamento verso terra o fra conduttori appartenenti a fasi o polarità diverse deve essere maggiore di:

500 k Ω per i sistemi a tensione nominale verso terra superiore a 50 V e fino a 500 V compresi;

250 k Ω per i sistemi con tensione nominale verso terra inferiore a 50 V.

14.11 TEMPERATURA DI POSA

La temperatura dei cavi (per tutta la loro lunghezza) durante lo spostamento e la posa in installazione fissa, non deve essere inferiore a:

per cavi isolati con carta impregnata: 3 °C;

per cavi isolati con PVC, o aventi rivestimento protettivo a base di PVC: 0 °C;

per cavi con isolante o rivestimento protettivo a base di materiali elastomerici: -25 °C.

I limiti di temperatura sono riferiti ai cavi e non all'ambiente. In ogni caso, quando la temperatura ambiente è inferiore a -10 °C, le condutture che hanno involucri isolanti o guaine in PVC non possono venire ne manipolate ne sottoposte a sforzi meccanici.

14.12 DISTRIBUZIONE

Per la realizzazione dei circuiti di energia o di segnalazione si possono adottare i seguenti tipi di cavo a seconda del tipo di posa:

Posa all'interno

FS17 450/750V Cavo unipolare isolato in PVC (non propagante l'incendio)

- Normativa di riferimento: CEI 20-35, CEI 20-22 II, CEI 20-37/2, CPR
- Anima: conduttore in corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto
- Isolante: in PVC di qualità R2
- Temperatura di funzionamento: 70 °C
- Temperatura di corto circuito: 160 °C

FROR 450/750V Cavo multipolare con isolamento e guaina in PVC (non esiste ad oggi l'equivalente cavo CPR)

- Normativa di riferimento: CEI 20-35, CEI 20-22 II, CEI 20-37/2
- Anima: conduttore in corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto
- Isolante: in PVC speciale di qualità TI2
- Guaina: in PVC speciale rispondente ai requisiti della qualità TM1 e TM2
- Temperatura di funzionamento: 70 °C
- Temperatura di corto circuito: 160 °C

Posa all'interno e all'esterno (anche interrata)

FG16R16 0,6/1kV Cavo unipolare con isolamento in gomma G7 e guaina in PVC (non propagante l'incendio)

FG16OR16 0,6/1kV Cavo multipolare con isolamento in gomma G7 e guaina in PVC (non propagante l'incendio)

- Normativa di riferimento: CEI 20-35, CEI 20-22 II, CEI 20-37/2, CPR
- Anima: conduttore in corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto
- Isolante: gomma HEPR ad alto modulo per elevate caratteristiche meccaniche e termiche (CEI 20-11, CEI 20-34)
- Guaina: in PVC speciale di qualità RZ
- Temperatura di funzionamento: 90 °C
- Temperatura di corto circuito: 250 °C

FTG100M1 0,6/1kV Cavo multipolare con isolamento in gomma G10 e guaina termoplastica speciale di qualità M1, colore blu (non esiste ad oggi l'equivalente cavo CPR)

- Normativa di riferimento: CEI 20-45
- Anima: conduttore in corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto
- Isolante: gomma HEPR ad alto modulo per elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche (CEI 20-11, CEI 20-34)
- Guaina: termoplastica speciale di qualità M1, colore blu
- Temperatura di funzionamento: 90 °C
- Cavo resistente al fuoco REI 180
- Bassissima emissione di fumi e gas tossici

Cavi per circuiti di comando, segnalazione ed impianti a correnti deboli

H05V-K Cavo unipolare isolato in PVC (non esiste ad oggi l'equivalente cavo CPR)

N05RN-F Cavo unipolare isolato in PVC (non esiste ad oggi l'equivalente cavo CPR)

FROR 300/500V Cavo multipolare con isolam. e guaina in PVC (non esiste ad oggi l'equivalente cavo CPR)

H03VV-F Cavo multipolare isolato in PVC (non esiste ad oggi l'equivalente cavo CPR)

H03RN-F Cavo unipolare isolato in PVC (non esiste ad oggi l'equivalente cavo CPR)

Scelta della classe di reazione al fuoco dei capi CPR

Classe di reazione al fuoco	Esempi di cavi CPR	Luoghi dove sono richiesti cavi con la classe di reazione al fuoco indicata nella prima colonna
E_{ca}	<i>Cavi armonizzati, ad es. H07V-K</i> Corrispondenti ai vecchi cavi non propaganti la fiamma (autoestinguenti se provati da soli) ⁽³⁾	Luoghi ordinari (non marci), qualunque modo di posa ammesso dalla norma CEI 64-8. ⁽²⁾ I cavi E_{ca} sono ammessi anche nei luoghi marci, art. 751.04.2.6 a), se incassati in strutture incombustibili, ad esempio in tubo sotto traccia nella muratura o posati in tubi metallici o canali metallici almeno IP4X, oppure art. 751.04.2.8 a): - se installati individualmente o distanziati tra loro almeno 25 cm nei tratti in cui seguono lo stesso percorso; - se installati individualmente in tubi protettivi o involucri con grado di protezione almeno IP4X.
$C_{ca-s3,d1,a3}$	<i>FG16(0)R16 0,6/1 kV</i> <i>FS17 450/750 V</i> Corrispondenti ai vecchi cavi non propaganti l'incendio (autoestinguenti anche se installati in fascio)	Luoghi marci: - tipo B (edifici con strutture portanti combustibili senza particolari requisiti antincendio), art. 751.03.3 e - tipo C (luoghi con carico d'incendio specifico di progetto > 450 MJ/m ²), art. 751.03.4.
$C_{ca-s1b,d1,a1}$	<i>FG16(0)M16 0,6/1 kV</i> <i>FG17 450/750 V</i> Corrispondenti ai vecchi cavi non propaganti l'incendio ed LSOH	Luoghi marci di tipo A (elevata densità di affollamento o elevato tempo di sfollamento o elevato danno ad animali e cose in caso di incendio), art. 751.03.2, ad esempio ospedali, carceri, musei, locali sotterranei frequentati dal pubblico.
$B2_{ca-s1a,d1,a1}$	<i>FG180M16 0,6/1 kV</i> <i>FG180M18 0,6/1 kV</i> Nuovi cavi migliori di $C_{ca-s1b,d1,a1}$	Per il momento, le norme impianti non richiedono cavi con questa classe di reazione al fuoco.

15 CANALIZZAZIONI

A meno che non si tratti di installazioni volanti, i conduttori devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente.

Dette protezioni possono essere: tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile, ecc.

Negli impianti si devono rispettare le prescrizioni qui appresso riportate.

- Tubi protettivi, percorso tubazioni, cassette di derivazione

Nell'impianto previsto per la realizzazione sotto traccia, i tubi protettivi devono essere in materiale termoplastico - serie leggera - per i percorsi sotto intonaco, in materiale termoplastico - serie pesante - per gli attraversamenti a pavimento. Il diametro interno dei tubi deve essere pari ad almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuti; il diametro del tubo deve essere sufficientemente grande da permettere di sfilare e reinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi stessi o i tubi. Comunque, il diametro interno non deve essere inferiore a 16 mm.

Il tracciato dei tubi protettivi deve consentire un andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale. Le curve devono essere effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi.

Ad ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, ad ogni derivazione da linea principale a secondaria ed in ogni locale servito, la tubazione deve essere interrotta con cassette di derivazione.

Le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite nelle cassette di derivazione con impiego di opportuni morsetti o morsettiere. Dette cassette devono essere costruite in modo che, nelle condizioni di installazione, non sia possibile introdurre corpi estranei; inoltre, deve risultare agevole la dispersione del calore in esse prodotta.

Il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo.

I tubi protettivi dei montanti di impianti utilizzatori alimentati attraverso organi di misura centralizzati e le relative cassette di derivazione devono essere distinti per ogni montante.

Qualora si preveda l'esistenza, nello stesso locale, di circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, questi devono essere protetti da tubi diversi e far capo a cassette separate. Tuttavia è ammesso collocare i cavi nello stesso tubo e far capo alle stesse cassette, purché essi siano isolati per la tensione più elevata e le singole cassette siano internamente munite di diaframmi, in amovibili, se non a mezzo di attrezzo, tra i morsetti destinati a serrare conduttori appartenenti a sistemi diversi.

I tubi protettivi dei conduttori elettrici collocati in cunicoli, che ospitano altre canalizzazioni, devono essere disposti in modo da non risultare soggetti ad influenze dannose, in relazione a sovrariscaldamenti, sgocciolamenti, formazione di condensa, ecc. È inoltre vietato collocare, nelle stesse incassature, montanti e colonne telefoniche o radiotelevisive. Nel vano degli ascensori o montacarichi non è consentita la messa in opera di conduttori o tubazioni di qualsiasi genere che non appartengano all'impianto dell'ascensore o del montacarichi stesso.

- Canalette porta cavi

Per i sistemi di canali battiscopa e canali ausiliari si applicano le norme **CEI 23-19**.

Per gli altri sistemi di canalizzazione si applicano le norme **CEI 23-32**.

La sezione occupata dai cavi non deve superare la metà di quella disponibile e deve essere tale da consentire un'occupazione della sezione utile dei canali, secondo quanto prescritto dalle norme **CEI 64-8/5** art. 522.8.1.1.

Per il grado di protezione contro i contatti diretti, si applica quanto richiesto dalle norme **CEI 64-8**, utilizzando i necessari accessori (angoli, derivazioni, ecc.); opportune barriere devono separare cavi a tensioni nominali differenti.

I cavi vanno utilizzati secondo le indicazioni delle norme **CEI 20-20**.

Per i canali metallici devono essere previsti i necessari collegamenti di terra ed equipotenziali, secondo quanto previsto dalle norme **CEI 64-8**.

Nei passaggi di parete devono essere previste opportune barriere tagliafiamma, che non degradino i livelli di segregazione assicurati dalle pareti.

I materiali utilizzati devono avere caratteristiche di resistenza al calore anormale ed al fuoco che soddisfino quanto richiesto dalle norme **CEI 64-8**.

15.1 POSA DI CAVI ELETTRICI, ISOLATI, SOTTO GUAINA, INTERRATI

Per l'interramento dei cavi elettrici, si dovrà procedere nel modo seguente:

- sul fondo dello scavo, sufficiente per la profondità di posa e privo di qualsiasi sporgenza o spigolo di roccia o di sassi, si dovrà costituire un letto di sabbia di fiume, vagliata e lavata, o di cava, vagliata dello spessore di almeno 10 cm, sul quale si dovrà distendere il cavo (o i cavi), senza premere e senza farlo affondare artificialmente nella sabbia;
- si dovrà, quindi, stendere un altro strato di sabbia come sopra, dello spessore di 5 cm, in corrispondenza della generatrice superiore del cavo (o dei cavi); pertanto, lo spessore finale complessivo della sabbia dovrà risultare di almeno 15 cm più il diametro del cavo (quello maggiore, avendo più cavi);
- sulla sabbia così posta in opera, si dovrà, infine, disporre una fila continua di mattoni pieni, bene accostati fra loro e con il lato maggiore disposto secondo l'andamento del cavo (o dei cavi), se questo avrà il diametro (o questi comporranno una striscia) non superiore a 5 cm o, al contrario, in senso trasversale (generalmente con più cavi);
- sistemati i mattoni, si dovrà procedere al reinterro dello scavo, pigiando sino al limite del possibile e trasportando a rifiuto il materiale eccedente dall'iniziale scavo.

L'asse del cavo (o quello centrale di più cavi) dovrà, ovviamente, trovarsi in uno stesso piano verticale con l'asse della fila di mattoni.

Per la profondità di posa sarà seguito il concetto di avere il cavo (o i cavi) posti sufficientemente al sicuro da possibili scavi di superficie per riparazione ai manti stradali o cunette eventualmente soprastanti, o movimenti di terra nei tratti a prato o giardino.

La profondità di posa dovrà essere almeno 0,5 m, secondo le norme **CEI 11-17** art. 2.3.11.

16 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Devono essere protette contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione, ma che, per cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione (masse).

Per la protezione contro i contatti indiretti, ogni impianto elettrico utilizzatore, o raggruppamento di impianti contenuti in uno stesso edificio e nelle sue dipendenze (quali portinerie distaccate e simili), deve avere un proprio impianto di terra.

A tale impianto di terra devono essere collegati tutti i sistemi di tubazioni metalliche accessibili di acqua, gas e altre tubazioni entranti nell'edificio, nonché tutte le masse metalliche accessibili, di notevole estensione, esistenti nell'area dell'impianto elettrico utilizzatore stesso.

16.1 IMPIANTO DI TERRA E SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I CONT. INDIRETTI

- Elementi di un impianto di messa a terra

Per ogni edificio contenente impianti elettrici deve essere opportunamente previsto, in sede di costruzione, un proprio impianto di messa a terra (impianto di terra locale) che deve soddisfare le prescrizioni delle vigenti norme **CEI 64-8**. Tale impianto deve essere realizzato in modo da poter effettuare le verifiche periodiche di efficienza e comprende:

a) il dispersore (o i dispersori) di terra, costituito da uno o più elementi metallici posti in intimo contatto con il terreno e che realizza il collegamento elettrico con la terra (norme **CEI 64-8/5** art. 542.2);

b) il conduttore di terra, non in intimo contatto con il terreno, e destinato a collegare i dispersori fra di loro ed al collettore (o nodo) principale di terra. I conduttori parzialmente interrati e non isolati dal terreno debbono essere considerati, a tutti gli effetti, dispersori per la parte interrata e conduttori di terra per la parte non interrata o comunque isolata dal terreno, (norme **CEI 64-8/5** art. 542.3);

c) il conduttore di protezione che parte dal collettore di terra, arriva in ogni impianto e deve essere collegato a tutte le prese a spina (e destinate ad alimentare utilizzatori per i quali è prevista la protezione contro i contatti indiretti mediante messa a terra); o direttamente alle masse di tutti gli apparecchi da proteggere, compresi gli apparecchi di illuminazione con parti metalliche comunque accessibili. È vietato l'impiego di conduttori di protezione non protetti meccanicamente con sezione inferiore a 4 mm². Nei sistemi TT (cioè nei sistemi in cui le masse sono collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema elettrico) il conduttore di neutro non può essere utilizzato come conduttore di protezione;

d) il conduttore equipotenziale, avente lo scopo di assicurare l'equipotenzialità fra le masse e/o le masse estranee (parti conduttrici, non facenti parte dell'impianto elettrico, suscettibili di introdurre il potenziale di terra), norme **CEI 64-8/5** artt. 547 e seguenti.

17 PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE ELETTRICHE

I conduttori che costituiscono gli impianti devono essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da corto circuiti.

La protezione contro i sovraccarichi deve essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme **CEI 64-8** art. 433.

In particolare, i conduttori devono essere scelti in modo che la loro portata (I_z) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego (I_b) (valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente).

Gli interruttori automatici magnetotermici, da installare a loro protezione, devono avere una **corrente nominale (I_n)** compresa fra la **corrente di impiego del conduttore (I_b)** e la sua **portata nominale (I_z)** ed una **corrente di funzionamento (I_f)** minore o uguale a 1,45 volte la portata (I_z).

In tutti i casi devono essere soddisfatte le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

La seconda delle due disuguaglianze sopra indicate è automaticamente soddisfatta nel caso di impiego di interruttori automatici conformi alle norme **CEI 23-3** e **CEI 17-5**.

Gli interruttori automatici magnetotermici devono interrompere le correnti di corto circuito che possono verificarsi nell'impianto, in modo tale da garantire che, nel conduttore protetto, non si raggiungano temperature pericolose secondo la relazione:

$$I^2 t \leq K_s^2$$

norme **CEI 64-8**, art. 434.4.

Essi devono avere un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione.

È tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore, a condizione che a monte vi sia un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione (protezione di Back-up).

In questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che l'energia specifica $I^2 t$, lasciata passare dal dispositivo a monte, non risulti superiore a quella che può essere sopportata, senza danno, dal dispositivo a valle e dalle condutture protette.

18 QUALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

18.1 GENERALITÀ

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici devono essere adatti all'ambiente in cui sono installati e devono avere caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio.

Tutti i materiali e gli apparecchi devono essere rispondenti alle norme **CEI** ed alle Tabelle di unificazione **CEI-UNEL**, ove queste esistano.

Tutti gli apparecchi devono riportare dati di targa ed eventuali indicazioni d'uso utilizzando la simbologia del **CEI** e la lingua italiana.

18.2 APPARECCHIATURE MODULARI CON MODULO NORMALIZZATO

Le apparecchiature installate nei quadri di comando e negli armadi devono essere del tipo modulare e componibile, con fissaggio a scatto sul profilato, preferibilmente normalizzato EN 50022 (norme **CEI 17-18**).

In particolare:

a) gli interruttori automatici magnetotermici fino a 100 A devono essere modulari e componibili con potere di interruzione fino a 6.000 A, salvo casi particolari;

b) tutte le apparecchiature necessarie per rendere efficiente e funzionale l'impianto (ad esempio trasformatori, suonerie, portafusibili, lampade di segnalazione, interruttori programmatori, prese di corrente CEE, ecc.) devono essere modulari e accoppiabili nello stesso quadro con gli interruttori automatici di cui al punto a).

c) gli interruttori con relè differenziali fino a 63 A devono essere modulari ed appartenere alla stessa serie di cui ai punti a) e b); devono essere del tipo ad azione diretta;

d) gli interruttori magnetotermici differenziali tetrapolari, con 3 poli protetti fino a 63 A devono essere modulari dotati di un dispositivo che consenta la visualizzazione dell'avvenuto intervento e permetta, preferibilmente, di distinguere se detto intervento è provocato dalla protezione differenziale; è ammesso l'impiego di interruttori differenziali puri, purché abbiano un potere di interruzione con dispositivo associato di almeno 4.500 A;

il potere di interruzione degli interruttori automatici deve essere garantito sia in caso di alimentazione dai morsetti superiori (alimentazione dall'alto), sia in caso di alimentazione dai morsetti inferiori (alimentazione dal basso).

19 QUADRI ELETTRICI

I quadri elettrici sono da considerare a tutti gli effetti componenti dell'impianto e come tali devono rispondere alle relative norme di prodotto.

Le Norme europee di riferimento per i quadri elettrici sono le seguenti:

CEI EN 61439-1, (CEI 17-113) "Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Regole generali

CEI EN 61439-2, (CEI 17-114) "Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 2: Quadri di potenza

19.1 Prestazioni e prove

Premessa

Dovendo realizzare impianti secondo la regola dell'arte, è spesso interessante per l'installatore fare riferimento a quanto previsto dalle norme CEI, sia per quanto riguarda la concezione e la realizzazione impiantistica, sia per quanto riguarda i vari componenti utilizzati.

Ciò in virtù dell'art. 2 della legge 186 del 1 marzo 1968, secondo il quale i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici

realizzati secondo le norme del CEI si considerano costruiti "a regola d'arte".

Per quanto riguarda i quadri di bassa tensione, le norme di riferimento sono:

- la norma CEI EN 61439-1 e 2.

Questa norma, pubblicata per la prima volta a gennaio 2010, rappresenta

l'evoluzione di CEI EN 60439-1. Non è una revisione della norma precedente, ma si tratta di una nuova versione;

- la norma CEI EN 60439-1 (2000 - quarta edizione della norma avente classificazione CEI 17-13/1).

Questa norma rappresenta un ulteriore consolidamento rispetto alla precedente

CEI 17-13 del 1995, soprattutto per ciò che concerne gli aspetti legati

all'industrializzazione del prodotto e le prove da effettuare per garantirne

le prestazioni;

- la norma CEI 23-51, (2004 - seconda edizione), dedicata ai piccoli quadri per uso domestico e similare, che viene trattata più in particolare nella parte relativa alle cassette di distribuzione.

La norma: CEI EN 61439-1 e 2

Nel mese di febbraio 2012 il CEI ha pubblicato la seconda edizione di:

- CEI EN 61439- 1: Regole generali;
- CEI EN 61439- 2: Apparecchiature di protezione e manovra di potenza.

Le seguenti caratteristiche la differenziano dalla norma CEI EN 60439-1:

cc sono necessarie 2 norme per determinare prescrizioni e i corrispondenti metodi di verifica per ciascun tipo di quadro:

- la norma "base" a cui ci si riferisce come "Parte 1",
- la norma specifica dell'apparecchiatura quadro,

cc si definisce in maniera precisa la responsabilità del quadro e del suo progetto, introducendo i concetti di "costruttore originale" (ad esempio, Schneider Electric per il sistema Prisma Plus) e "costruttore del quadro" (responsabile del prodotto finito); cc è definito il concetto di "sistema costruttivo prestabilito", introdotto soltanto nella Norma CEI EN 60439-1: nella nuova norma si definisce il SISTEMA DI QUADRI come "serie completa di componenti meccanici ed elettrici (involucri, sistemi sbarre, unità funzionali, etc.), definiti dal "costruttore originale", che possono essere assemblati in accordo con le istruzioni fornite dal "costruttore

originale" al fine di realizzare molteplici configurazioni di Quadri".

cc I concetti di AS (quadro provato) e ANS (quadro parzialmente provato) sono stati eliminati e sostituiti da un nuovo concetto per la verifica della conformità del quadro.

In pratica, il "costruttore originale", per ciascuna caratteristica in questione, può scegliere liberamente (quando applicabili e con i vincoli, spesso abbastanza pesanti, imposti dalla norma) tra:

- verifica mediante prove,
- verifica mediante confronto con il progetto di riferimento provato,
- verifica mediante valutazione (corretta applicazione dei calcoli e delle regole di progetto);
- si è introdotta nell'allegato C della Norma la Tabella C.1 "Argomenti oggetto di accordo tra Costruttore del Quadro e Utilizzatore": una Guida alla specifica tecnica del quadro;
- nella Parte 2 della norma sono date le prescrizioni aggiuntive e specifiche per i "Quadri di distribuzione di potenza", in particolare:
 - il tipo di costruzione - parti fisse, rimovibili o estraibili,
 - la forma di segregazione interna,
 - i tipi di collegamenti elettrici delle unità funzionali,
 - il fattore di contemporaneità per la verifica della sovratemperatura.

La norma CEI EN 60439-1

La norma richiede che ogni quadro costruito sia riferito ad un ben identificato prototipo, già sottoposto a tutte le prove di tipo da essa previste.

Questa precisa prescrizione serve, ai fini del normatore, a limitare, per quanto possibile, la frequente tendenza all'improvvisazione che per tanti anni ha caratterizzato la realizzazione dei quadri, e lo fa richiedendo ai vari costruttori una standardizzazione sempre più spinta del proprio prodotto.

La norma rende obbligatorio il prototipo di riferimento, ma consente di realizzare due tipologie di prodotti che così definisce:

- apparecchiatura costruita in serie (AS);
- apparecchiatura costruita non in serie (ANS).

La norma inoltre, esige che i quadri elettrici di tipo AS siano conformi al prototipo che è stato sottoposto a tutte le prove di tipo previste, mentre quelli di tipo ANS possono

essere non completamente conformi al prototipo di riferimento, che deve comunque esistere ed essere un prodotto AS. Le prove di tipo che la norma richiede di eseguire sui quadri per dimostrarne la rispondenza alle sue prescrizioni sono numerose e, in qualche caso, gravose sia tecnicamente che economicamente.

Per i prodotti ANS, la norma ammette che alcune delle prove di tipo non vengano effettuate, purché le relative prestazioni siano comunque verificate attraverso estrapolazioni, calcoli o altri metodi che il costruttore dimostri validi a tal fine.

La norma, ad esempio, cita le pubblicazioni CEI 17-43 e CEI 17-52 quali metodi possibili per la determinazione delle sovratemperature e della tenuta al cortocircuito per le apparecchiature assiemate non di serie (ANS). Tali metodi sono utilizzabili per l'extrapolazione, i cui risultati vanno confrontati con i rispettivi dati omogenei ottenuti durante le prove di tipo che l'apparecchiatura di serie (AS) di riferimento abbia superato.

Transizione tra CEI EN 60439 e CEI EN 61439

La norma CEI EN 60439-1 resterà in vigore (secondo le regole del Cenelec) fino al 31/10/2014 per i due seguenti motivi:

- consentire la produzione e la commercializzazione di quadri progettati, realizzati e verificati secondo le proprie prescrizioni;
- consentire l'utilizzo delle altre parti della norma ancora in vigore fino alla loro completa revisione (e.g. Parte 3 per i quadri di distribuzione ASD, Parte 4 per i quadri per cantiere, ...). In questo periodo di transizione è possibile dichiarare quadri conformi alla nuova o alla vecchia norma.

Il quadro elettrico e la legge

I quadri elettrici sono prodotti complessi che devono essere adeguati all'impianto in cui sono installati, per cui le loro caratteristiche e prestazioni sono diverse in funzione della condizione di servizio e del tipo di applicazione cui essi sono destinati. Per questa ragione, i costruttori devono realizzare prodotti aventi caratteristiche tecniche talvolta molto specifiche: l'applicazione della norma CEI EN 61439-1 richiede la verifica di molti prototipi, cosicché le varie configurazioni riportate a catalogo possono essere adeguatamente combinate per un utilizzo il più possibile

flessibile ed essere facilmente riconducibili ai prototipi di riferimento.

Negli anni scorsi, come già ricordato precedentemente, il problema della rispondenza dei quadri di bassa tensione alle norme è stato messo in particolare risalto dalla legge 46/90 e dal suo regolamento d'attuazione attraverso le loro specifiche direttive.

Oggi, il nuovo Decreto Ministeriale 37/08, conforma e va nella migliore precisazione degli obblighi di responsabilità dei vari protagonisti della realizzazione degli impianti elettrici e, in particolare, dei quadri.

Le prestazioni dei quadri e le relative prove

I rapporti di prova relativi a specifici quadri realizzati da un costruttore non sono validi e applicabili per tutta la gamma della sua produzione.

È quindi opportuno che l'acquirente di un quadro si rivolga a costruttori in grado di dimostrare la rispondenza alle norme dell'intera gamma di quadri di loro produzione, per tutte le configurazioni e prestazioni dichiarate.

Tra i documenti che il costruttore può e deve esibire, la norma CEI EN 61439-1 e 2 non fa distinzione riguardo all'ente emittente, che può pertanto essere un laboratorio del costruttore stesso oppure un laboratorio o istituto indipendente dal costruttore e/o ufficialmente riconosciuto come ente certificatore.

La disponibilità di documenti di prova emessi da un laboratorio indipendente è tuttavia da considerarsi come migliore garanzia.

La norma CEI EN 61439-1 e 2 ammette che alcune fasi del montaggio dei quadri vengano eseguite fuori dall'officina del costruttore, purché i quadri siano realizzati secondo le sue istruzioni.

Ciò è in accordo con lo spirito della norma che tende a conferire al quadro elettrico di bassa tensione le caratteristiche di prodotto industrializzato, che si traducono poi in significativi vantaggi per l'utilizzatore finale, non ultimo quello della maggiore affidabilità e del conseguente aumento del livello di sicurezza ottenibile.

L'installatore è dunque autorizzato e in qualche modo indirizzato dalla norma CEI ad utilizzare prodotti commercializzati in forma di pezzi scolti da assemblare correttamente per la costruzione del quadro adatto, volta per volta, allo specifico impianto. L'utilizzazione di questo tipo di prodotto pone inoltre il problema della suddivisione (condivisione) di responsabilità nel garantire la rispondenza

alla norma del quadro realizzato.

Infatti, né il "costruttore originale", né il "costruttore del quadro" hanno la possibilità di controllare completamente l'iter realizzativo del quadro e di garantirne quindi la rispondenza alla norma.

Tuttavia, è la norma stessa che indica una soluzione razionale a questo problema, suddividendo le verifiche tra quelle di progetto (cap. 10) e quelle individuali (cap. 11), che devono essere effettuate per garantire la rispondenza del quadro alla norma.

Le verifiche di progetto hanno lo scopo di verificare la rispondenza del prototipo alla norma, in conformità alle prescrizioni della norma; in generale dovrà essere il costruttore originale a farsene carico ed a garantire di conseguenza il prodotto commercializzato. Inoltre, lo stesso costruttore dovrà fornire adeguate istruzioni per la scelta dei componenti da utilizzare per la realizzazione del quadro e per il suo montaggio.

Sarà invece responsabilità del costruttore del quadro quella di una scelta oculata dei componenti in accordo alle succitate istruzioni e quella di un montaggio accurato effettuato seguendo scrupolosamente le istruzioni del costruttore originale.

Sarà compito ancora del costruttore del quadro di verificare la conformità alla norma del quadro da realizzare, qualora questo si discosti dal prototipo e quindi dalla configurazione provata (ad esempio effettuando una verifica termica).

Infine, il costruttore del quadro dovrà farsi carico dell'esecuzione delle verifiche individuali che, in ottemperanza alla norma, dovranno essere eseguite su ogni esemplare realizzato.

Dichiarazione di conformità

Una volta costruito ed installato il quadro, si presenta il problema estremamente pratico ed immediato di cosa allegare alla dichiarazione di conformità richiesta dal Decreto Ministeriale 37/08.

L'installatore che ha scelto quadri di bassa tensione conformi alla norma CEI EN 61439-1 e 2 o alla norma CEI 23-51, deve riportare nella relazione allegata alla dichiarazione di conformità dell'impianto la dichiarazione di conformità dei prodotti a queste norme (sulla targa del quadro occorre riportare CEI EN 61439-2). Inoltre, dovrà indicare il nome o la ragione sociale del costruttore originale del quadro ed il tipo di prodotto utilizzato, come indicato sul catalogo del costruttore

stesso. Quest'ultimo si rende responsabile in particolare della rispondenza dei prodotti alle norme citate.

È bene comunque che l'installatore si renda conto di quanto indicato sul catalogo del costruttore originale, onde evitare di fare affidamento su frasi di rispondenza generica alla norma che, nella sostanza, non hanno alcun significato tecnico.

Situazioni di questo genere talvolta si verificano ancora poiché alcuni costruttori originali, in ritardo con l'adeguamento alla norma, affidano a messaggi ambigui la definizione della rispondenza alla norma stessa, che è invece un requisito fondamentale per dimostrare la rispondenza del quadro alla regola dell'arte e dunque alle leggi dello Stato Italiano.

Oltre a verificare con attenzione le indicazioni del catalogo del costruttore, è consigliabile quindi che l'installatore si renda conto della veridicità di quanto in esso affermato.

Conclusioni

Le regole essenziali da osservare, da parte dell'assemblatore, per poter garantire e documentare opportunamente la conformità del quadro alle norme si possono così sintetizzare:

- scegliere un fornitore affidabile in grado di dimostrare l'esecuzione delle prove di tipo sui prototipi;
- effettuare la scelta dei componenti del quadro in stretta osservanza dei cataloghi del fornitore;
- montare il quadro seguendo scrupolosamente le istruzioni del fornitore dei pezzi sciolti e degli apparecchi;
- verificare, tramite prove di tipo o metodi di calcolo/estrapolazione, eventuali modifiche sostanziali apportate rispetto alle configurazioni "tipo" garantite dal costruttore dei pezzi sciolti del quadro;
- effettuare correttamente le prove individuali previste dalla norma su ciascun quadro realizzato;
- conservare nei propri archivi la documentazione relativa alle prove di tipo
- e/o verifiche e alle prove individuali effettuate;
- installare correttamente il quadro effettuando in cantiere le necessarie verifiche elettriche o meccaniche;

- redigere la dichiarazione di conformità dell'impianto e citare nella relazione tecnica ad essa allegata il tipo di quadro installato.

In sintesi, si tratta di una serie di azioni abbastanza semplici di cui uno degli aspetti più importanti è quello della scelta del fornitore dei componenti, per la quale l'installatore deve agire con cautela per poter correttamente e con poche ulteriori attenzioni rispondere alle prescrizioni delle norme e regole vigenti

19.2 QUADRI DI COMANDO E DISTRIBUZIONE IN MATERIALE ISOLANTE

Tali quadri devono avere attitudine a non innescare l'incendio per riscaldamento eccessivo; comunque, i quadri non incassati devono avere una resistenza alla prova del filo incandescente non inferiore a 650° C.

I quadri devono essere composti da cassette isolanti con piastra portapparecchi estraibile, per consentire il cablaggio degli apparecchi in officina e devono essere disponibili con grado di protezione adeguato all'ambiente di installazione e comunque almeno IP 55; in questo caso il portello deve avere apertura a 180 gradi.

Questi quadri devono consentire un'installazione del tipo a doppio isolamento ed essere conformi alle norme **CEI 17-13**.

Istruzioni per l'utente

I quadri elettrici devono essere preferibilmente dotati di istruzioni semplici e facilmente accessibili, atte a dare all'utente informazioni sufficienti per il comando e l'identificazione delle apparecchiature, nonché ad individuare le cause di guasto elettrico.

20 PRESCRIZIONI TECNICHE PER L'IMPIANTO

20.1 PRESCRIZIONI ALLE NORME CEI 64-8 – SEZ. 714

a) Protezione da contatti diretti (Norme CEI 64-8 - Art. 714.412)

La Norma CEI 64-8 Sez. 714 stabilisce che per la protezione da contatti diretti è necessario adottare le seguenti soluzioni impiantistiche:

- Grado di protezione IPXXB solo per i componenti installati a 3 metri o più dal suolo (Ex IP2X).
- Grado di protezione IPXXD (Ex IP4X) per i soli componenti installati a meno di 3 metri.
- Gli apparecchi d'illuminazione stradale muniti di coppa di chiusura delle lampade dovranno avere un grado di protezione IPXXD.
- L'apertura degli involucri per organi d'esercizio dovrà essere possibile solo mediante attrezzi e si raccomanda di provvedere sino a tre metri di altezza, sistemi di chiusura degli involucri richiedenti l'uso di utensili non comuni (chiavi per bulloni a testa triangolare, chiave a brugola ecc.)

b) Protezione contro i contatti indiretti (Norme CEI 64-8 - Art. 714.413)

Per quanto riguarda la protezione da contatti indiretti per impianti appartenenti al gruppo "B", individuazione con tensione di alimentazione inferiore a 1.000 V in corrente alternata con la seguente metodologia:

- Impiego di componenti di classe II (doppio isolamento) e perché tale sistema non richiede la messa a terra dei sostegni è necessario dotare cavi con guaina con tensione normale almeno pari a 750/1.000 V e la tensione di tenuta verso massa di tutti i componenti non deve essere inferiore a 4.000 V.
- Inoltre i cavi fanno capo a morsettiera contenuta in scatole di derivazione di classe II e che anche gli apparecchi siano di classe II.
- Tale soluzione è da adottare per l'alimentazione degli apparecchi illuminanti di classe II.

c) Resistenza d'isolamento verso terra (Norme CEI 64-8 - Art. 714.311)

La resistenza dell'isolamento dell'intero impianto preposto per il normale funzionamento con l'interruttore generale aperto, ma con tutti gli apparecchi illuminanti inseriti deve ottemperare la seguente relazione:

$$2 U_0$$

$R_{iso} = \frac{2 U_0}{L + N}$ dove:

$$L + N$$

U_0 = è la tensione normale verso terra in kV

L = è la lunghezza complessiva dei conduttori in Km.

N = è il numero delle lampade del sistema

Il valore dell'isolamento con tensione di prova applicata di 500V non deve essere inferiore a 0,5 MΩ (cautelativo).

d) Caduta di tensione a fondo linea (Norme CEI 64.8 - Art. 714.525)

Secondo le Norme CEI 64.8 Sez. V2 art. 714.525 la caduta di tensione fondo linea non deve

superare il 5% della tensione misurata sul Quadro di alimentazione, ma nello specifico caso tale valore non dovrà essere superiore al 2,5% per consentire eventuali ampliamenti.

e) Protezione della sezione d'incastro delle strutture metalliche

La sezione di incastro dei pali metallici con formazione di calcestruzzo non affiorante dal terreno, dovrà essere protetta adeguatamente dalla corrosione mediante una fascia catramata e ricoperte di un collare in cls.

f) Distanziamenti dei sostegni e degli apparecchi di illuminazione dei conduttori di linee esterne

Per i distanziamenti dei sostegni e dei relativi apparecchi di illuminazione dei conduttori o linee elettriche non devono essere inferiori a:

- 1 m di conduttori di classe 0 e 1;
- $3 + 0,015U$ m dei conduttori di linee di classe II e III, dove U è la tensione nominale della linea espresse in kV.

20.2 Cavidotti - Pozzetti - Blocchi di fondazioni - Pali di sostegno

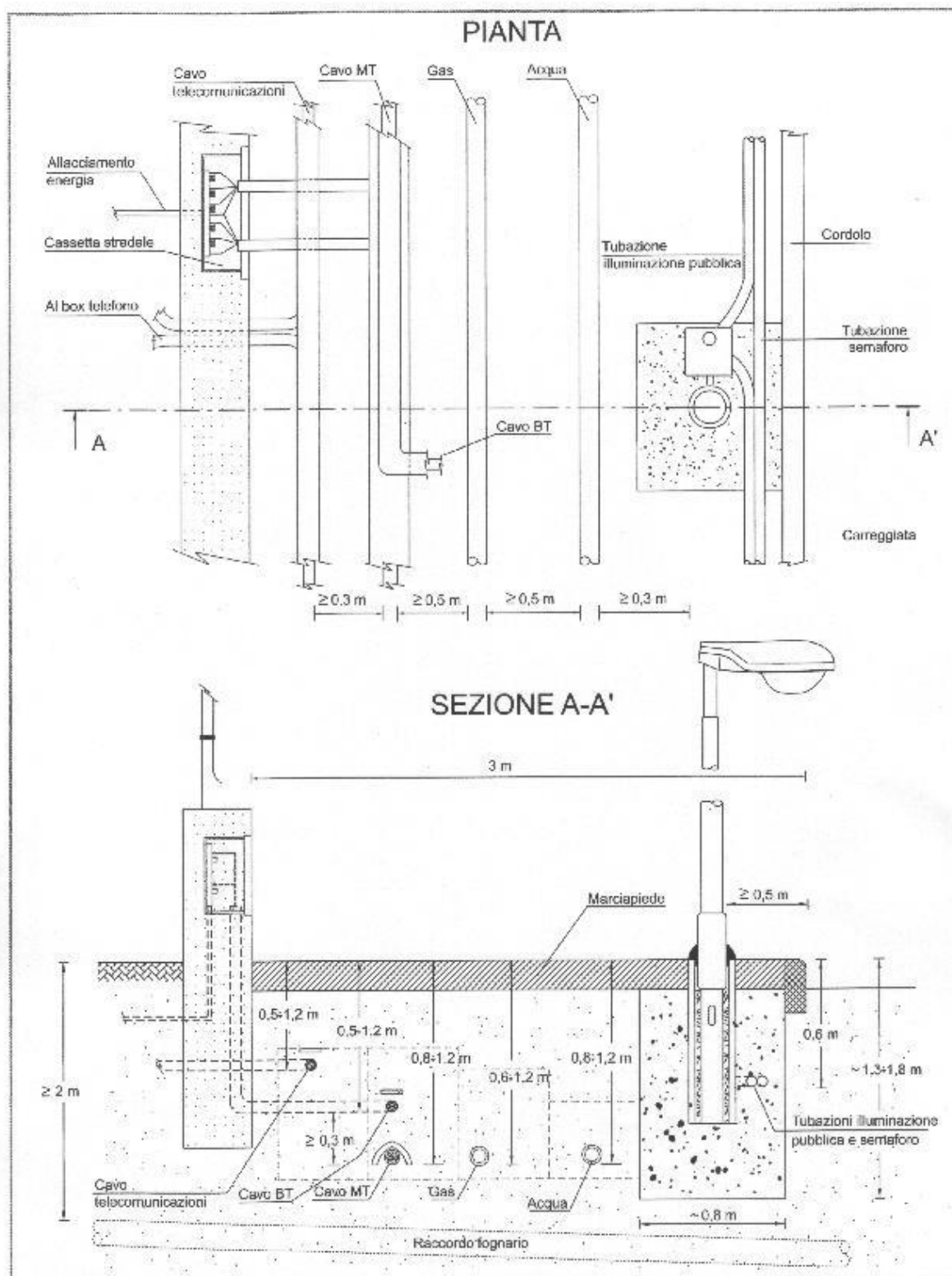
Cavidotti

Nell'esecuzione dei cavidotti saranno tenute le caratteristiche dimensionali e costruttive, nonché i percorsi, indicati nei disegni di progetto. Saranno inoltre rispettate le seguenti prescrizioni:

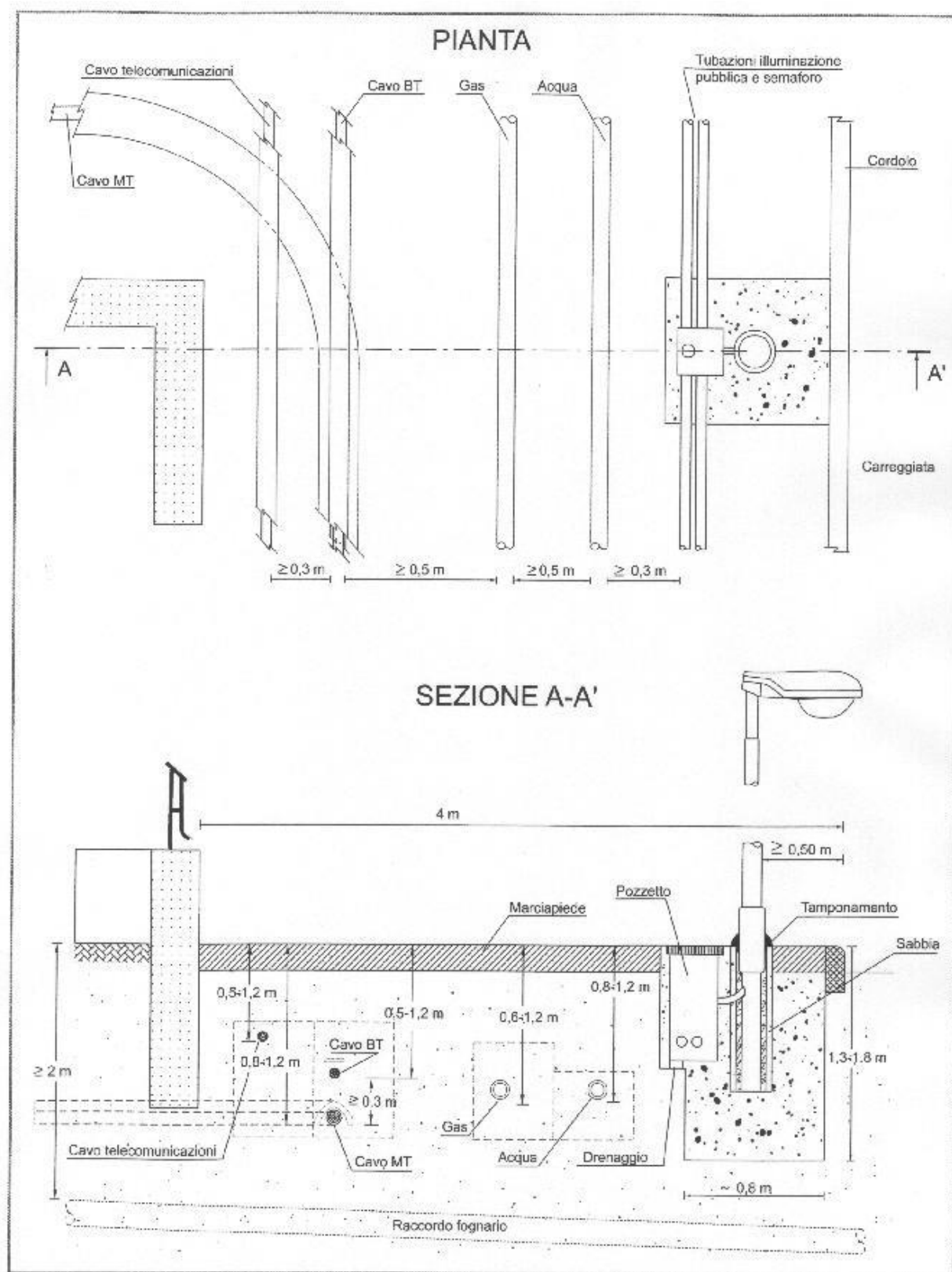
- il taglio del tappetino bituminoso e dell'eventuale sottofondo in agglomerato dovrà avvenire mediante l'impiego di un tagliasfalto munito di martello idraulico con vanghetta. Il taglio avrà una profondità minima di 25 cm e gli spazi del manto stradale non tagliato non dovranno superare in lunghezza il 50% del taglio effettuato con la vanghetta idraulica;
- esecuzione dello scavo in trincea, con le dimensioni indicate nel disegno;
- fornitura e posa, nel numero stabilito dal disegno, di tubazioni rigide in materiale plastico a sezione circolare, con diametro esterno di 100 mm, peso 730 g/m, per il passaggio dei cavi di energia;
- la posa delle tubazioni in plastica del diametro esterno di 100 mm verrà eseguita mediante l'impiego di selle di supporto in materiale plastico a uno od a due impronte per tubi del diametro di 110 mm. Detti elementi saranno posati ad un'interdistanza massima di 1,5 m, al fine di garantire il sollevamento dei tubi dal fondo dello scavo ed assicurare in tal modo il completo conglobamento della stessa nel cassonetto di calcestruzzo;
- formazione di cassonetto in calcestruzzo dosato a 250 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto, a protezione delle tubazioni in plastica; il calcestruzzo sarà superiormente lisciato in modo che venga impedito il ristagno d'acqua;
- il riempimento dello scavo dovrà effettuarsi con materiali di risulta o con ghiaia naturale vagliata, sulla base delle indicazioni fornite dai tecnici comunali. Particolare cura dovrà porsi nell'operazione di costipamento da effettuarsi con mezzi meccanici; l'operazione di riempimento dovrà avvenire dopo almeno 6 ore dal termine del getto di calcestruzzo; trasporto alla discarica del materiale eccedente.

Durante la fase di scavo dei cavidotti, dei blocchi, dei pozzetti, ecc. dovranno essere approntati tutti i ripari necessari per evitare incidenti ed infortuni a persone, animali o cose per effetto di scavi aperti non protetti.

Durante le ore notturne la segnalazione di scavo aperto o di presenza di cumulo di materiali di risulta o altro materiale sul sedime stradale, dovrà essere di tipo luminoso a fiamma od a sorgente elettrica, tale da evidenziare il pericolo esistente per il transito pedonale e veicolare.



Pozzetti con chiusino in ghisa



Nell'esecuzione dei pozzetti saranno mantenute le caratteristiche dimensionali e costruttive, nonché l'ubicazione, indicate nei disegni allegati. Saranno inoltre rispettate le seguenti prescrizioni:

- esecuzione dello scavo con misure adeguate alle dimensioni del pozzetto;

- formazione di platea in calcestruzzo dosata a 200 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto, con fori per il drenaggio dell'acqua;
- formazione della muratura laterale di contenimento, in mattoni pieni e malta di cemento,
- conglobamento, nella muratura di mattoni, delle tubazioni in plastica interessate dal pozzetto; sigillature con malta di cemento degli spazi fra muratura e tubo;
- formazione, all'interno dei pozzetti, di rinzafo in malta di cemento grossolanamente lisciata;
- fornitura e posa, su letto di malta di cemento, di chiusino in ghisa, completo di telaio, per traffico incontrollato, luce netta 50 x 50cm, peso ca. 90 kg, con scritta "Illuminazione pista di atletica" sul coperchio;
- riempimento del vano residuo con materiale di risulta o con ghiaia naturale costipati; trasporto alla discarica del materiale eccedente.

E' consentito in alternativa, e compensata con lo stesso prezzo, l'esecuzione in calcestruzzo delle pareti laterali dei pozzetti interrati con chiusino in ghisa. Lo spessore delle pareti e le modalità di esecuzione dovranno essere preventivamente concordati con la Direzione Lavori.

Pozzetto prefabbricato interrato

E' previsto l'impiego di pozzetti prefabbricati ed interrati, comprendenti un elemento a cassa, con due fori di drenaggio, ed un coperchio rimovibile. Detti manufatti, di calcestruzzo vibrato, avranno sulle pareti laterali la predisposizione per l'innesto dei tubi di plastica, costituita da zone circolari con parete a spessore ridotto.

Con il prezzo a corpo sono compensati, oltre allo scavo, anche il trasporto a piè d'opera, il tratto di tubazione in plastica interessato dalla parete del manufatto, il riempimento dello scavo con ghiaia naturale costipata, nonché il trasporto alla discarica del materiale scavato ed il ripristino del suolo pubblico.

Blocchi di fondazione dei pali

Nell'esecuzione dei blocchi di fondazione per il sostegno dei pali saranno mantenute le caratteristiche dimensionali e costruttive indicate nel disegno allegato.

Saranno inoltre rispettate le seguenti prescrizioni:

- esecuzione dello scavo con misure adeguate alle dimensioni del blocco;
- formazione del blocco in calcestruzzo dosato a 250 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto;
- esecuzione della nicchia per l'incastro del palo, con l'impiego di cassaforma;
- fornitura e posa, entro il blocco in calcestruzzo, di spezzone di tubazione in plastica del diametro esterno di 100 mm per il passaggio dei cavi;
- riempimento eventuale dello scavo con materiale di risulta o con ghiaia naturale accuratamente costipata; trasporto alla discarica del materiale eccedente;
- sistemazione del cordolo in pietra eventualmente rimosso.

L'eventuale rimozione dei cordoli del marciapiede è compreso nell'esecuzione dello scavo del blocco. Per tutte le opere elencate nel presente articolo è previsto dall'appalto il ripristino del suolo pubblico.

Il dimensionamento maggiore dei blocchi di fondazione rispetto alle misure indicate in progetto non darà luogo a nessun ulteriore compenso.

Pali di sostegno

I pali per illuminazione pista di atletica devono essere conformi alle norme UNI-EN 40.

E' previsto l'impiego di pali d'acciaio di qualità almeno pari a quello Fe 360 grado B o migliore, secondo norma CNR-UNI 7070/82, a sezione circolare e forma conica (forma A2 - norma UNI-EN 40/2) saldati longitudinalmente secondo norma CNR-UNI 10011/85.

Tutte le caratteristiche dimensionali ed i particolari costruttivi sono indicati nel disegno allegato "particolari". In corrispondenza del punto di incastro del palo nel blocco di fondazione dovrà essere riportato un collare di rinforzo della lunghezza di 40 cm, dello spessore identico a quello del palo stesso e saldato alle due estremità a filo continuo.

Per il fissaggio dei bracci o dei codoli dovranno essere previste sulla sommità dei pali due serie di tre fori cadauna sfalsati tra di loro di 120° con dadi riportati in acciaio INOX M10 x 1 saldati prima della zincatura.

Le due serie di fori dovranno essere poste rispettivamente a 5 cm ed a 35 cm dalla sommità del palo. Il bloccaggio dei bracci o dei codoli per apparecchi a cima palo dovrà avvenire tramite grani in acciaio INOX M10 x 1 temprati ad induzione. Sia i dadi che i grani suddetti dovranno essere in acciaio INOX del tipo X12 Cr13 secondo Norma UNI 6900/71.

Nei pali dovranno essere praticate numero due aperture delle seguenti dimensioni:

— un foro ad asola della dimensione 150 x 50 mm, per il passaggio dei conduttori, posizionato con il bordo inferiore a 500 mm dal previsto livello del suolo;

— una finestrella d'ispezione delle dimensioni 200 x 75 mm; tale finestrella dovrà essere posizionata con l'asse orizzontale parallelo al piano verticale passante per l'asse longitudinale del braccio o dell'apparecchio di illuminazione a cima-palo e collocata dalla parte, opposta al senso di transito del traffico veicolare, con il bordo inferiore ad almeno 600 mm al di sopra del livello del suolo. La chiusura della finestrella d'ispezione dovrà avvenire mediante un portello realizzato in lamiera zincata a filo palo con bloccaggio mediante chiave triangolare oppure, solo nel caso sussistano difficoltà di collocazione della morsettiera e previo benestare dei Direttori dei Lavori, con portello in rilievo, adatto al contenimento di detta morsettiera, sempre con bloccaggio mediante chiave triangolare.

Il portello deve comunque essere montato in modo da soddisfare il grado minimo di protezione interna IP 33 secondo Norma CEI 70-1. La finestrella d'ispezione dovrà consentire l'accesso all'alloggiamento elettrico che dovrà essere munito di un dispositivo di fissaggio (guida metallica) destinato a sostenere la morsettiera di connessione in classe II.

Per la protezione di tutte le parti in acciaio (pali, portello, guida d'attacco, braccio e codoli) è richiesta la zincatura a caldo secondo la Norma CEI 7-6 (1968).

Il percorso dei cavi nei blocchi e nell'asola inferiore dei pali sino alla morsettiera di connessione, dovrà essere protetto tramite uno o più tubi in PVC flessibile serie pesante diametro 50 mm, posato all'atto della collocazione dei pali stessi entro i fori predisposti nei blocchi di fondazione medesimi, come da disegni "particolari". Per il sostegno degli apparecchi di illuminazione su mensola od a cima-palo dovranno essere impiegati bracci in acciaio o codoli zincati a caldo secondo Norma UNI-EN 40/4 ed aventi le caratteristiche dimensionali indicate nei disegni allegati.

20.3 Linee ELETTRICHE

L'Appaltatore dovrà provvedere alla fornitura ed alla posa in opera dei cavi relativi al circuito di alimentazione di energia.

Sono previsti cavi per energia elettrica identificati dalle seguenti sigle di designazione:

cavi multipolari FG16OR-0,6/1 kV

Tutti i cavi saranno rispondenti alla Norma CEI 20-13 e varianti e dovranno disporre di certificazione IMQ od equivalente. Nelle tavole allegate sono riportati schematicamente, ma nella reale disposizione planimetrica, il percorso, la sezione ed il numero dei conduttori.

L'Appaltatore dovrà attenersi scrupolosamente a quanto indicato nei disegni, salvo eventuali diverse prescrizioni della Direzione Lavori.

Tutte le linee dorsali d'alimentazione, per posa sia aerea che interrata, saranno costituite da cavi multipolari polari.

I cavi per la derivazione agli apparecchi di illuminazione saranno bipolari, con sezione di 2,5 mm².

I cavi multipolari avranno le guaine isolanti interne colorate in modo da individuare la fase relativa. Per i cavi unipolari la distinzione delle fasi e del neutro dovrà apparire esternamente sulla guaina protettiva. E' consentita l'apposizione di fascette distintive ogni tre metri in nastro adesivo, colorate in modo diverso (marrone fase R - bianco fase S - verde fase T - blu chiaro Neutro).

I cavi infilati entro pali o tubi metallici saranno ulteriormente protetti da guaina isolante.

I cavi con posa aerea, se presenti, dovranno essere graffettati a fune in acciaio di diametro 6 mm (con graffette aventi interdistanza non superiore a 25 cm) con fissaggio su appositi ganci a parete.

20.4 Cassette - Giunzioni - Derivazioni - Guaine isolanti

La derivazione agli apparecchi di illuminazione (alimentati da cavi con posa aerea), in cavo bipolare della sezione di 1,5 mm², sarà effettuata con l'impiego di cassetta di connessione in classe II della ditta "Conchiglia" tipo SGVP collocata nell'alloggiamento con transito nella medesima dei cavi multipolari di dorsale. La salita all'asola dei cavi unipolari sarà riservata unicamente alla fase interessata ed al neutro escludendo le restanti due fasi; per tratti di dorsali rilevanti dovrà essere previsto altresì un sezionamento dell'intera linea facendo transitare le tre fasi ed il neutro in una cassetta di connessione collocata nell'asola di un palo secondo indicazione dei Direttori dei Lavori.

Come detto, tutti i conduttori infilati entro i pali e bracci metallici, saranno ulteriormente protetti, agli effetti del doppio isolamento, da una guaina isolante di diametro adeguato; tale guaina dovrà avere rigidità dielettrica ~ 10 kV/mm; il tipo di guaina isolante dovrà comunque essere approvato dal Direttore dei Lavori.

20.5 Apparecchi di illuminazione

Tutti gli apparecchi di illuminazione devono avere il grado di protezione interno minimo:

apparecchi per illuminazione stradale

“aperti” (senza coppa o rifrattore)

vano ottico = IP X3

vano ausiliari = IP23

“chiusi” (con coppa o rifrattore)

vano ottico = IP54

vano ausiliari = IP23

proiettori su torri faro o parete (verso il basso) IP65

proiettori sommersi = IP68

Gli apparecchi dovranno altresì essere realizzati in Classe II ed essere rispondenti all'insieme delle norme:

CEI 34-21 fascicolo n. 1034 Novembre 1987 e relative varianti

CEI 34-30 fascicolo n. 773 Luglio 1986 e relative varianti” proiettori per illuminazione”

CEI 34-33 fascicolo n. 803 Dicembre 1986 e relative varianti” apparecchi per illuminazione stradale”

In ottemperanza alla Norma CEI 34-21 i componenti degli apparecchi di illuminazione dovranno essere cablati a cura del costruttore degli stessi, i quali pertanto dovranno essere forniti e dotati completi di lampade ed ausiliari elettrici rifasati e dotate di fusibile. Tale fusibile deve essere inserito direttamente a valle del sezionatore, sul conduttore di fase disposta in modo da non poter essere sostituito a contenitore chiuso.

Detti componenti dovranno essere conformi alle Norme CEI di riferimento.

Gli apparecchi di illuminazione destinati a contenere lampade a vapori di sodio ad alta pressione dovranno essere cablati con i componenti principali (lampade, alimentatori ed accenditori) della stessa casa costruttrice in modo da garantire la compatibilità tra i medesimi.

I riflettori per gli apparecchi di illuminazione destinati a contenere lampade a vapori di sodio ad alta pressione devono essere conformati in modo da evitare che le radiazioni riflesse si concentrino sul bruciatore della lampada in quantità tale da pregiudicarne la durata o il funzionamento.

Tali apparecchi devono essere provati secondo le prescrizioni della Norma CEI 34-24 e si riterranno conformi quando la differenza tra le due tensioni di lampada (in aria libera ed all'interno dell'apparecchio) è inferiore a:

— 12 V per le lampade da 400 W bulbo tubolare chiaro

— 7 V per le lampade da 400 W bulbo ellissoidale diffondente

— 10 V per le lampade da 250 W (tutti i due tipi)

— 7 V per le lampade da 150 W e 100 W bulbo tubolare chiaro

— 5 V per le lampade da 150 W e 100 W bulbo ellissoidale diffondente

Sugli apparecchi di illuminazione dovranno essere indicati in modo chiaro e indelebile, ed in posizione che siano visibili durante la manutenzione, i dati previsti dalla sezione 3 - Marcatura della Norma CEI 34-21.

Gli apparecchi di illuminazione dovranno altresì soddisfare i requisiti richiesti dalla Legge N°17 del 30 marzo 2000 della Regione Lombardia in tema di: "MISURE URGENTI IN TEMA DI RISPARMIO ENERGETICO AD USO DI ILLUMINAZIONE ESTERNA E DI LOTTA ALL'INQUINAMENTO LUMINOSO". Gli apparecchi dovranno recare la dicitura "ottica antinquinamento luminoso e a ridotto consumo ai sensi delle leggi della Regione Lombardia".

In particolare dovranno avere intensità massima in opera nell'emisfero superiore (cioè con $\gamma \geq 90^\circ$) di 0 (zero) cd/klm.

I produttori devono quindi rilasciare la dichiarazione di conformità alla LR 17/2000 delle loro apparecchiature e devono inoltre allegare, le raccomandazioni di uso corretto. La documentazione tecnica dovrà comprendere la misurazione fotometrica dell'apparecchio, effettuata secondo le norme in vigore, sia in forma tabellare numerica su supporto cartaceo che sotto forma di file standard in formato "Eulumdat".

Tale documentazione dovrà specificare tra l'altro:

Temperatura ambiente durante la misurazione;

Tensione e frequenza di alimentazione della lampada;

Norma di riferimento utilizzata per la misurazione;

Identificazione del laboratorio di misura;

Specifiche della lampada (sorgente luminosa) utilizzata per la prova;

Nome del responsabile tecnico di laboratorio;

Corretta posizione dell'apparecchio durante la misurazione;

Tipo di apparecchiatura utilizzata per la misura e classe di precisione.

Questi dati devono essere accompagnati da una dichiarazione sottoscritta dal responsabile tecnico di laboratorio che attesti la veridicità della misura.

Gli apparecchi devono inoltre essere forniti della seguente ulteriore documentazione:

angolo di inclinazione rispetto al piano orizzontale a cui deve essere montato l'apparecchio in modo da soddisfare i requisiti della Legge Lombarda. In genere l'inclinazione deve essere nulla (vetro di protezione parallelo al terreno).

diagramma di illuminamento orizzontale (curve isolux) riferite a 1.000 lumen

diagramma del fattore di utilizzazione

classificazione dell'apparecchio agli effetti dell'abbagliamento con l'indicazione delle intensità luminose emesse rispettivamente a 90° (88°) ed a 80° rispetto alla verticale e la direzione dell'intensità luminosa massima (I max) sempre rispetto alla verticale.

Il tipo di apparecchio di illuminazione da installare, nell'ipotesi che non sia già stato definito nel disegno dei particolari, dovrà comunque essere approvato dal Direttore dei Lavori.

Gli apparecchi di illuminazione saranno, come già precisato, in Classe II e pertanto si dovrà porre la massima cura nell'esecuzione dei collegamenti elettrici affinché in essi sia mantenuto il doppio isolamento.

La rispondenza alla Legge Lombarda e al complesso delle norme di cui sopra dovrà essere certificato con la consegna al Direttore dei Lavori della dichiarazione di conformità alle normative stesse rilasciata dal costruttore degli apparecchi di illuminazione, ai sensi dell'art. 7 della Legge 18 ottobre 1977 n. 791, oppure tramite l'accertamento dell'esistenza del Marchio di Conformità apposto sugli apparecchi stessi, ovvero dal rilascio dell'attestato di conformità ai sensi della già citata Legge 791/77.